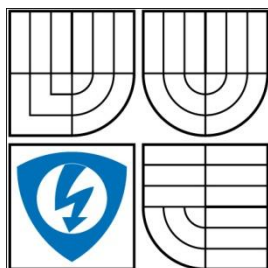


**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

## **BARIÉRY ROZVOJE OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ V ČR**

BARRIERS OF RENEWABLE SOURCES EXPANSION IN THE CZECH REPUBLIC

### **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

#### **AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

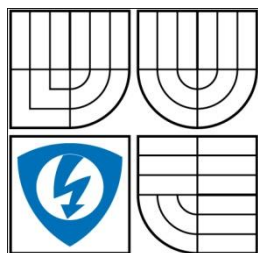
**KAMIL LUKÁŠEK**

#### **VEDOUcí PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. PETR MASTNÝ, Ph.D.**

BRNO 2010



**VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií**

**Ústav elektroenergetiky**

# **Bakalářská práce**

bakalářský studijní obor  
**Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

**Student:** Kamil Lukášek  
**Ročník:** 3

**ID:** 106601  
**Akademický rok:** 2009/2010

## **NÁZEV TÉMATU:**

**Bariéry rozvoje obnovitelných zdrojů v ČR**

## **POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1. princip výroby elektrické energie z OZE
2. definice optimálních podmínek pro provozování OZE (s důrazem na respektování maximální účinnosti výroby) - porovnání s podmínkami v ČR (energeticko-ekonomický potenciál)
3. srovnání OZE s jinými energetickými zdroji - vliv OZE na kvalitu el. energie, disproporce mezi dodávkou a spotřebou
4. energetická koncepce rozvoje OZE v ČR s akceptací ekonomických a energetických ukazatelů

## **DOPORUČENÁ LITERATURA:**

podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 8.2.2010

**Termín odevzdání:** 31.5.2010

**Vedoucí práce:** Ing. Petr Mastný, Ph.D.

**doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.**  
*Předseda oborové rady*

## **UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

# LICENČNÍ SMLOUVA

## POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

### 1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Kamil Lukášek

Bytem: V Zahradách 366, 549 01 Nové Město nad Metují

Narozen/a (datum a místo): 5.8.1987, Hradec Králové

(dále jen „autor“)

a

### 2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií,

se sídlem Údolní 244/53, 602 00 Brno,

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

(dále jen „nabyvatel“)

## Čl. 1

### Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP)\*:

- ☐ disertační práce
  - ☐ diplomová práce
  - ☐ bakalářská práce
  - ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako.....
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: ..... Bariéry rozvoje obnovitelných zdrojů v ČR .....

Vedoucí/ školitel VŠKP: ..... Ing. Petr Mastný, Ph.D. ....

Ústav: ..... Ústav elektroenergetiky .....

Datum obhajoby VŠKP: .....

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v\*:

- |   |   |                       |
|---|---|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> tištěné formě      | – | počet exemplářů ..... |
| <input type="checkbox"/> elektronické formě | – | počet exemplářů ..... |

---

\* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

## **Článek 2**

### **Udělení licenčního oprávnění**

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
  - ☐ ihned po uzavření této smlouvy
  - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
  - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
  - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
  - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

## **Článek 3**

### **Závěrečná ustanovení**

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: .....

.....

Nabyvatel

.....

Autor

## **ABSTRAKT**

V současné době není v České republice publikace zabývající se obnovitelnými zdroji komplexně. Tato práce vymezuje v širším smyslu obnovitelné zdroje. Jelikož fyzikální a právní definice jsou rozdílné, text popisuje princip výroby elektrické energie z právní definice obnovitelných zdrojů. Při stavbě obnovitelných zdrojů je nezbytné dosáhnout optimálních provozních podmínek. Aby těchto podmínek bylo dosaženo, je nezbytné lokalizovat v České republice obnovitelné zdroje. Provoz obnovitelných zdrojů je z části financován státem, aby byl zajímavější pro investory. Následně definujeme podmínky připojení do distribuční elektrické soustavy. Vliv obnovitelných zdrojů na distribuční elektrickou soustavu. Nakonec vytvoříme koncepci rozvoje obnovitelných zdrojů elektrické energie pro Východočeský region.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** obnovitelné zdroje energie; princip výroby; elektrická energie; větrná energie; sluneční energie; biomasa; vodní energie; geotermální energie; optimální podmínky provozu; podmínky lokalizace; výkupní ceny; zelené bonusy; podmínky připojení; distribuční elektrická soustava; podpětí; přepětí, vyšší harmonické; kolísání napětí; útlum signálu HDO; koncepce rozvoje, rezervovaný výkon

## **ABSTRACT**

Currently, there is no publication that concerns the renewable resources comprehensively in the Czech Republic. This publication defines the renewable resources in general meaning. Whereas the physical and legal definitions of the renewable resources are different, text explains the principle of production of electricity according to the legal definition. When the renewable resources are being constructed, it's important to achieve the optimal operating conditions. To achieve these conditions, it's necessary to locate the renewable resource in the Czech Republic. The operations of renewable resources are partly financed by the country, in order to be more interesting for the investors. Further on, the conditions of connection to electrical distribution system are defined. The impact of renewable resources on electrical distribution system. Finally the conception of renewable electrical energy resource for region of East Bohemia is designed.

**KEY WORDS:** renewable energy sources; principle production; electrical energy; wind power; solar energy; biomass; water power; geothermal energy; optimum conditions operation; conditions localization; redemption price; green bonus; conditions of connection; electrical distribution system; undervoltage; overvoltage; harmonics; voltage fluctuation; HDO signal attenuation; development concept; reserved power

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Bibliografická citace práce:

LUKÁŠEK, K. *Bariéry rozvoje obnovitelných zdrojů v ČR*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 52 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Mastný, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou **bakalářskou práci** na téma Bariéry rozvoje obnovitelných zdrojů v ČR jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské/diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne: .....

.....

Autor



## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji za odbornou pomoc a spolupráci vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Petru Mastnému, Ph.D., dále děkuji za pomoc se studijními materiály a za poskytnuté informace paní doc. Ing. Pavle Hejtmánkové, Ph.D. ze Západočeské Univerzity v Plzni, panu Mgr. Ladislavu Březinovi ze společnosti ČEZ a.s. - divize obchod, panu Ing. Tomáši Poulovi ze společnosti ČEZ Distribuce, a.s. a společnosti ČEPS a.s.

## OBSAH

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>12</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>13</b>
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>15</b>
<b>2 CÍLE PRÁCE .....</b>	<b>16</b>
<b>3 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 DEFINICE .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 POTENCIÁL OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ V ČESKÉ REPUBLICE .....</b>	<b>18</b>
<b>4 PRINCIP VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 VĚTRNÁ ENERGIE.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2 SLUNEČNÍ ENERGIE .....</b>	<b>20</b>
4.2.1 PŘÍMÁ PŘEMĚNA SLUNEČNÍ ENERGIE NA ENERGII ELEKTRICKOU .....	20
4.2.2 NEPŘÍMÁ PŘEMĚNA SLUNEČNÍ ENERGIE NA ENERGII ELEKTRICKOU .....	20
<b>4.3 ENERGIE BIOMASY .....</b>	<b>21</b>
4.3.1 SPALOVÁNÍ BIOMASY .....	21
4.3.2 ZPLYŇOVÁNÍ BIOMASY .....	23
<b>4.4 ENERGIE VODY .....</b>	<b>23</b>
<b>4.5 GEOTERMÁLNÍ ENERGIE .....</b>	<b>24</b>
<b>5 OPTIMÁLNÍ PODMÍNKY PROVOZU A LOKALIZACE OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ V ČESKÉ REPUBLICE .....</b>	<b>25</b>
<b>5.1 VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY .....</b>	<b>25</b>
5.1.1 OPTIMÁLNÍ PODMÍNKY PROVOZU .....	25
5.1.2 PODMÍNKY LOKALIZACE.....	25
<b>5.2 SLUNEČNÍ ELEKTRÁRNY .....</b>	<b>28</b>
5.2.1 OPTIMÁLNÍ PODMÍNKY PROVOZU .....	28
5.2.2 PODMÍNKY LOKALIZACE.....	30
<b>5.3 ELEKTRÁRNY NA BIOMASU .....</b>	<b>30</b>
5.3.1 OPTIMÁLNÍ PODMÍNKY PROVOZU .....	30
5.3.2 PODMÍNKY LOKALIZACE.....	31
<b>5.4 VODNÍ ELEKTRÁRNY .....</b>	<b>31</b>
5.4.1 OPTIMÁLNÍ PODMÍNKY PROVOZU .....	31
5.4.2 PODMÍNKY LOKALIZACE.....	33
<b>5.5 GEOTERMÁLNÍ ELEKTRÁRNY .....</b>	<b>34</b>
5.5.1 OPTIMÁLNÍ PODMÍNKY PROVOZU .....	34
5.5.2 PODMÍNKY LOKALIZACE.....	34
<b>6 PROGRAMY NA PODPORU ROZVOJE OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE.....</b>	<b>35</b>
<b>6.1 VÝKUPNÍ CENY ELEKTRICKÉ ENERGIE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ELEKTRICKÉ ENERGIE ....</b>	<b>35</b>
<b>6.2 ZELENÉ BONUSY .....</b>	<b>36</b>

---

<b>7</b>	<b>PODMÍNKY PŘIPOJENÍ OZE DO DISTRIBUČNÍ ELEKTRICKÉ SÍTĚ .....</b>	<b>38</b>
7.1	PODÁNÍ ŽÁDOSTI O PŘIPOJENÍ .....	38
7.2	SOUHLASNÉ STANOVISKO PROVOZOVATELE DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY K ŽÁDOSTI O PŘIPOJENÍ.....	38
7.3	UZAVŘENÍ SOBS / SoP NEBO ZMĚNA STÁVAJÍCÍ SoP MEZI ŽADATELEM A PDS .....	39
7.4	SOUČASNÉ STANOVISKO PROVOZOVATELŮ DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ K PŘIPOJOVÁNÍ FVE A VTE .....	40
<b>8</b>	<b>VLIV OZE NA DISTRIBUČNÍ ELEKTRICKOU SOUSTAVU .....</b>	<b>41</b>
8.1	PŘEPĚTÍ / PODPĚTÍ.....	41
8.2	VYŠŠÍ HARMONICKÉ .....	43
8.3	KOLÍSÁNÍ NAPĚTÍ - FLIKR.....	44
8.4	ÚTLUM SIGNÁLU HDO.....	45
<b>9</b>	<b>ENERGETICKÁ KONCEPCE ROZVOJE OZE V ČR PRO VÝCHODOČESKÝ REGION .....</b>	<b>46</b>
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>50</b>
10.1	ZÁVĚRY PRÁCE A JEJÍ PŘÍNOS.....	50
10.2	VÝZNAM A VYUŽITÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ .....	50
10.3	NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU .....	50
	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>51</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 3-1 Potenciály obnovitelných zdrojů v České republice [24]</i> .....	18
<i>Obr. 4-1 Větrná elektrárna Enercon E82-2,0 MW [19]</i> .....	19
<i>Obr. 4-2 Princip činnosti fotovoltaického článku [19]</i> .....	20
<i>Obr. 4-3 Kotel Foster and Wheeler s cirkulačním fluidním ložem.[19]</i> .....	22
<i>Obr. 4-4 Řez akumulční vodní elektrárnou [22]</i> .....	23
<i>Obr. 4-5 Geotermální elektrárna</i> .....	24
<i>Obr. 5-1 Průměrné roční rychlosti větru m/s ve výšce 100 m nad povrchem. Model VAS 2 [26]</i> .25	
<i>Obr. 5-2 Hustota výkonu větru ve výšce 40 m na území ČR. Hybridní model VAS/WAsP [24]</i> ....	26
<i>Obr. 5-3 Území ČR s dostatečným větrným potenciálem vs. chráněná území ČR [11]</i> .....	28
<i>Obr. 5-4 Spektrum slunečního záření dopadajícího na povrch Země [30]</i> .....	28
<i>Obr. 5-5 Denní průběh výkonu dopadajícího záření v závislosti na čase a počasí [4]</i> .....	29
<i>Obr. 5-6 Dopadající energie záření v závislosti na ročním období</i> .....	29
<i>Obr. 5-7 Celkové roční sluneční záření na území České republiky [20]</i> .....	30
<i>Obr. 5-8 Významné uhelné elektrárny a teplárny s kogenerací</i> .....	31
<i>Obr. 5-9 Rozložení dlouhodobého úhrnu srážek mm/rok [8]</i> .....	32
<i>Obr. 5-10 Základní charakteristika vodních turbín a vymezení oblastí jejich použití v závislosti na dispozicích vodního zdroje [19]</i> .....	32
<i>Obr. 5-11 Nejvýznamnější vodní díla a toky České republiky [25]</i> .....	33
<i>Obr. 5-12 Příhodné oblasti pro využití geotermální energie v České republice [20]</i> .....	34
<i>Obr. 6-1 Výkupní ceny elektřiny z OZE v ČR</i> .....	36
<i>Obr. 6-2 Zelené bonusy pro elektřinu vyrobenou z OZE v ČR</i> .....	37
<i>Obr. 8-1 Kompenzace úbytku napětí pomocí SVR</i> .....	41
<i>Obr. 8-2 Přepětí způsobené příliš mnoha FVE na rozvodu</i> .....	42
<i>Obr. 8-3 Snižování výkonu z FVE</i> .....	42
<i>Obr. 8-4 Zkreslení signálu vlivem třetí harmonické</i> .....	43
<i>Obr. 8-5 Závažné sloučení vyšších harmonických se základní sinusovou křivkou</i> .....	43
<i>Obr. 8-6 Princip pulzní šířkové modulace</i> .....	44

## SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 3-1 Technický a využitelný potenciál obnovitelných zdrojů v České republice (2004) [19]</i>	18
<i>Tab. 4-1 Rozdělení biomasy pro využití k výrobě el. en. ....</i>	21
<i>Tab. 4-2 Výhřevnost biopaliv s proměnným obsahem vody [19] .....</i>	22
<i>Tab. 4-3 Výhřevnost hlavních druhů uhlí [23] .....</i>	22
<i>Tab. 5-1 Rozdělení chráněných území a částí krajiny v ČR dle zákona č. 114/1992 Sb. [19] .....</i>	26
<i>Tab. 9-1 Výkony OZE se statusy žádostí ze systému SAP .....</i>	47
<i>Tab. 9-2 Rezervovaný výkon v roce 2009 a 2010 .....</i>	48
<i>Tab. 9-3 Nově připojené výkony OZE v roce 2009 a odhad připojených výkonů OZE v roce 2010 .....</i>	48

## Seznam symbolů a zkratk

- [ 1 ] ČOV – čistička odpadních vod
- [ 2 ] EIA – Environmental Impact Assessment
- [ 3 ] el. en. – elektrická energie
- [ 4 ] ERÚ – Energetický regulační úřad
- [ 5 ] FVE – fotovoltaická elektrárna
- [ 6 ] HDO – hromadné dálkové ovládání
- [ 7 ] HDR – hot dry rock
- [ 8 ] ORC – organický Rankinův cyklus
- [ 9 ] OZE – obnovitelné zdroje energie
- [ 10 ] PDS – provozovatel distribuční soustavy
- [ 11 ] PS – přenosová soustava
- [ 12 ] PWM – Pulse Width Modulation
- [ 13 ] SoBS – smlouva o uzavření budoucí smlouvy
- [ 14 ] SoP – smlouva o připojení
- [ 15 ] SVR – Step Voltage Regulator
- [ 16 ] VTE – větrná elektrárna

# 1 ÚVOD

Obnovitelné zdroje elektrické energie jsou v současnosti v České republice pouze doplňkovými zdroji. I přes tuto skutečnost si zasluhují pozornost výzkumných a vývojových pracovníků, jelikož obnovitelné zdroje elektrické energie jsou pro budoucnost lidstva a jeho závislosti na elektrické energii „šetrným“ a dlouho udržitelným řešením, jak získávat elektrickou energii s minimálními dopady na životní prostředí.

Bariéry rozvoje obnovitelných zdrojů v České republice je velmi obsáhlé téma, které lze v současné době rozdělit na dva velké celky - politicko-sociální a technické. Práce je zaměřena na technické bariéry rozvoje obnovitelných zdrojů v České republice.

V práci se nejprve zaměříme na samotnou fyzikální a právní definici obnovitelných zdrojů. Následně vysvětlíme princip výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů elektrické energie a shrneme fyzikální a technologickou podstatu výroby elektrické energie u různých druhů obnovitelných zdrojů. Dále definujeme optimální podmínky provozu a lokalizaci obnovitelných zdrojů elektrické energie v České republice s důrazem na maximální účinnost výroby elektrické energie. Shrňme podmínky pro připojení OZE do rozvodné elektrické sítě a vliv OZE na kvalitu elektrické energie v distribuční elektrické síti. Vytvoříme energetickou koncepci rozvoje OZE pro Východočeský region.

## **2 CÍLE PRÁCE**

Komplexní shrnutí všech možných technologických řešení rozvoje obnovitelných zdrojů elektrické energie uplatnitelných v České republice, s akceptací ekonomických aspektů a problematikou lokalizace obnovitelných zdrojů elektrické energie. Připojovací podmínky do elektrické distribuční sítě. Shrnutí omezujících faktorů ohledně vlivu OZE na kvalitu elektrické energie v distribuční elektrické síti. Koncepce rozvoje OZE ve Východočeském regionu.



## 3 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

### 3.1 Definice

Definice obnovitelného přírodního zdroje, dle českého zákona č. 004/1992 Sb., o životním prostředí, je: „*Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.*“ [11]

Za předpokladu, že budeme vycházet z této definice, lze za obnovitelné energetické zdroje označit energii slunce, větru, vody, horninového prostředí a rovněž jádra. Nikoliv energii biomasy.

Jadernou energii lze považovat za obnovitelný zdroj vzhledem k principu získávání energie v jaderném reaktoru. Zdrojem energie v jaderném reaktoru je například uran, přesněji jsou to štěpitelné izotopy uranu ( $^{235}_{92}\text{U}$  a další). Při štěpení se těžké jádro rozdělí na fragmenty. Z jádra vznikají dvě jádra odlišných protonových čísel a uvolní se další částice – neutrony, které způsobují další štěpení, při tomto opakujícím se procesu se uvolňuje energie. V případě, že se uvolněný neutron střetne s neštěpitelným izotopem (např.  $^{238}_{92}\text{U}$ ), kterých je v jaderném palivu okolo 95%, dojde k zachytu volného neutronu a dalšími jadernými reakcemi se tento izotop přemění na izotop štěpitelný (např.  $^{239}_{94}\text{Pu}$ ). Při využívání jaderné energie, tedy vedle štěpení a uvolňování energie, dochází i ke vzniku dalších štěpitelných materiálů, což se shoduje s definicí obnovitelných zdrojů.

Za obnovitelné zdroje naopak nelze považovat biomasu. Při využívání energie biomasy prozatím známé procesy (suchý proces – termochemické přeměny, mokrá proces – biochemické přeměny, fyzikální a chemický proces přeměny a proces získávání odpadního tepla) dochází k přeměně a odevzdání energie okolnímu prostředí. Po využití energie biomasy, jedním ze známých procesů, zůstávají pouze nízkoenergetické segmenty (např. popel), které se přírodním procesem nijak částečně či plně neobnovují, ani za přispění člověka, z čehož je patrné, že využívání biomasy neodpovídá definici obnovitelných zdrojů.

Z obecné definice dle českého zákona č. 004/1992 Sb., o životním prostředí, by měla vycházet i konkrétnější definice obnovitelných zdrojů energie, která je formulována v zákoně č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, a zní: „*Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.*“ [15] Definice zde uvedená je nicméně převzatá ze směrnice Evropského parlamentu a Rady Evropy 2001/77/ES. Výsledkem těchto rozporů je, že energie získaná z jádra je legislativně považována za neobnovitelný zdroj a naopak energie získaná z biomasy je považována za zdroj obnovitelný.

### 3.2 Potenciál obnovitelných zdrojů v České republice

Absolutní horní hranici určuje teoretický potenciál, který vyjadřuje fyzikální toky energie. Pouze část z teoretického potenciálu tvoří technický potenciál, který vymezuje tu část teoretického potenciálu, která je v současné době využitelná dostupnými technologiemi a rozlohou území, jež lze uvolnit na výrobu elektrické energie. Hospodářský potenciál představuje další snížení z hlediska konkurenceschopnosti, ekonomičnosti a ekologické přijatelnosti. Pro hodnocení zdrojů energie je rozhodující pouze využitelný potenciál. Ten je ovšem oproti technickému výrazně nižší.



Obr. 3-1 Potenciály obnovitelných zdrojů v České republice [24]

Tab. 3-1 Technický a využitelný potenciál obnovitelných zdrojů v České republice (2004) [19]

Obnovitelný zdroj	Technologie	Technický potenciál	Využitelný potenciál
Solární energie	Solární systémy s kapalinovými kolektory	20 000 TJ	17 000 TJ
	Fotovoltaické systémy	23 000 GWh <sub>el</sub>	5 500 GWh <sub>el</sub>
Větrná energie	Větrné elektrárny nad 60 kW	16 324 GWh <sub>el</sub>	4 000 GWh <sub>el</sub>
Geotermální energie a energie prostředí	Teplo suchých hornin (HRW)	864 PJ	86,4 PJ
	Tepelná čerpadla	720 PJ	43,2 PJ
Energie vodních toků	Velké hydroelektrárny VE (> 10 MW)	13 100 GWh <sub>el</sub>	1 165 GWh <sub>el</sub>
	Malé vodní elektrárny MVE (< 10 MW)		1 115 GWh <sub>el</sub>
Biomasa – spotřeba biopaliv	Palivové a odpadní dřevo, ostatní tuhá biopaliva	77,6 PJ	44,8 PJ
	Pěstovaná biomasa	275 PJ	136 PJ
	Biopaliva a bioplyn	33 PJ	16 PJ
		1 2000 GWh <sub>el</sub>	

## 4 PRINCIP VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ

### 4.1 Větrná energie

Větrné elektrárny představují technické zařízení, které využívá kinetickou energii větru, působící na listy vrtule, k přeměně na energii elektrickou.

Samotný princip výroby el. en. z energie větru spočívá v tom, že vítr svou kinetickou energií působí na listy vrtule větrné elektrárny, kolem listů vznikají aerodynamické síly, které svým působením na listy roztáčí vrtuli větrné elektrárny a dochází tak ke změně odevzdané kinetické energie větru na energii rotační mechanickou. Rotační energie je pomocí hřídele a převodovek přivedena na rotor generátoru, kde dochází k přeměně rotační mechanické energie na energii elektrickou.



- |                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| 1. Nosič strojovny            | 5. Hlava rotoru |
| 2. Motor pro natáčení gondoly | 6. List rotoru  |
| 3. Generátor                  |                 |
| 4. Adaptér pro natáčení listu |                 |

Obr. 4-1 Větrná elektrárna Enercon E82-2,0 MW [19]

V závislosti na průměru vrtule, lze určit výkon větrné turbíny pomocí vztahu:

$$P = \frac{1}{2} \cdot c_p \cdot S \cdot \rho \cdot \frac{v_1^3}{2} \quad (W; -, kg \cdot m^{-3}, m^2, m^3 \cdot s^{-3}) \quad (4.1)$$

$c_p$  – součinitel výkonu,  $\rho$  – hustota větru,  $v_1$  – rychlost větru před listy turbíny,

$S$  – plocha opsaná vrtulí

kde pro součinitel výkonu platí:

$$c_p = \frac{\left(1 + \frac{v_2}{v_1}\right) \cdot \left(1 - \frac{v_2^2}{v_1^2}\right)}{2} \quad (-, -) \quad (4.2)$$

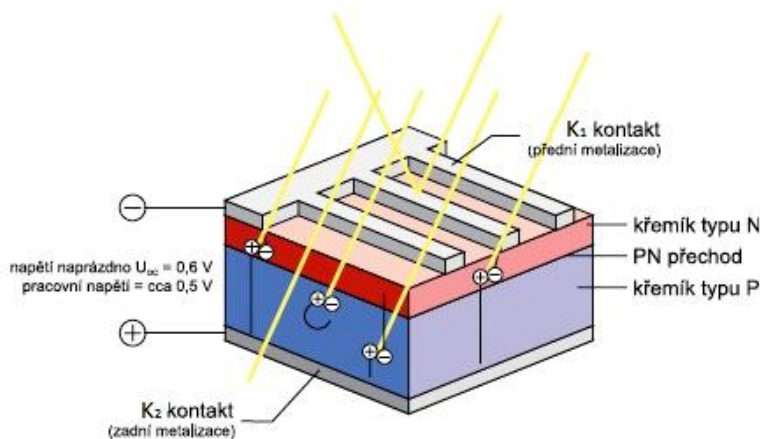
$v_1$  – rychlost větru před listy turbíny

$v_2$  – rychlost větru za listy turbíny

## 4.2 Sluneční energie

### 4.2.1 Přímá přeměna sluneční energie na energii elektrickou

K přímé přeměně sluneční energie na elektrickou energii se využívají fotovoltaické, nebo též solární články. Princip výroby elektrické energie je založen na polovodičovém prvku a přechodu P-N. Dopadající elektromagnetické sluneční záření na fotovoltaický článek, předává svou energii látce a generují se elektricky nabitě částice, tedy pár elektron - díra. Oba náboje ze vzniklého páru se v důsledku difúzního rozdílu potenciálů od sebe oddělí a to má za následek napěťový rozdíl mezi kontakty  $K_1$  a  $K_2$  fotovoltaického článku. Pokud připojíme k fotovoltaickému článku obvod, začne jím protékat stejnosměrný proud. Jelikož je napětí na jednom článku přibližně rovno 0,5 V, v praxi se využívají sériové pospojování článků, které zvýší napětí na požadovanou hodnotu.



Obr. 4-2 Princip činnosti fotovoltaického článku [19]

### 4.2.2 Nepřímá přeměna sluneční energie na energii elektrickou

#### 4.2.2.1 Přeměna nekonvenčním způsobem

Přeměna, při níž se nepoužívá mechanická energie jako mezičlánek mezi energií sluneční a energií elektrickou.

##### 4.2.2.1.1 Termoelektrická přeměna založená na Seebeckově jevu

Nepřímá přeměna sluneční energie na elektrickou je založena na principu akumulace tepla ve slunečních sběračích. Do ohniska slunečních sběračů se umístí termočlánky, které jsou schopny díky tzv. Seebeckově jevu měnit teplo na elektrickou energii. Princip tzv. Seebeckova jevu spočívá v tom, že v obvodu z dvou různých vodičů vzniká elektrický proud, pokud mají jejich spoje rozdílnou teplotou. V takto vytvořeném obvodu se objeví napětí a začne jím protékat proud, který je závislý na vlastnostech obou kovů, z nichž jsou vodiče vyrobeny, a na rozdílu teplot mezi studeným a teplým spojením. Při vhodném spojení více termoelektrických článků získáme zařízení nazývané se termoelektrický generátor.

##### 4.2.2.1.2 Termoemisní přeměna

Pomocí fokusačních sběračů slunečního záření, pomocí kterých lze dosáhnout vysokých teplot ( $1000^{\circ}\text{C}$  -  $4000^{\circ}\text{C}$ ). Teplo získané v ohnisku těchto sběračů lze přeměnit pomocí termoemisních generátorů na elektrickou energii. Termoemisní generátory pracují při teplotách  $1000^{\circ}\text{C}$  -  $2000^{\circ}\text{C}$ . Samotný princip termoemisních generátorů spočívá v tom, že zahříváním

emitoru se zvětšuje kinetická energie jeho elektronů. Elektrony s dostatečně velkou kinetickou energií ( $\Phi_E$ ) z emitoru (katody) uniknou a dopadnou na chlazený kolektor (anodu). Materiál kolektoru musí být volen tak, aby výstupní potenciál  $\Phi_K$  byl menší než výstupní potenciál  $\Phi_E$ . Dopadem elektronů na kolektor se část energie elektronu změní v teplo. Zbývající část lze však využít jako zdroj elektrické energie o malém napětí.

#### 4.2.2.1.3 Magnetohydrodynamická přeměna

Tento princip přeměny je založen na nákladním procesu v tepelných elektrárnách, kde se využívá přeměny: tepelná energie  $\rightarrow$  mechanická energie  $\rightarrow$  elektrická energie. Bez pohyblivých mechanických zařízení lze tuto přeměnu provádět v magnetohydraulickém generátoru. Princip je založen na tom, že pohybující se elektrony a kladné ionty jsou magnetickým polem pohybovány opačnými směry. Abychom byli přesnější, princip spočívá v Lorenzově síle. Plazma je vstříkováno velkou rychlostí do magnetického pole. Při průchodu plazmatu dochází k tomu, že na záporně nabitě elektrony působí Lorenzova síla opačným směrem, než na kladné ionty. Tím dochází k hromadění kladného náboje na jedné elektrodě a záporného na druhé elektrodě, čímž získáváme napětí.

#### 4.2.2.2 Přeměna konvenčním způsobem

Přeměna, při níž se využívá mechanická energie jako mezipřechod mezi energií sluneční a energií elektrickou.

##### 4.2.2.2.1 Přeměna pomocí Stirlingova motoru

Princip je založen na koncentrování slunečního záření parabolickými zrcadly, kde se v ohnisku vytváří horký vzduch, ten prostupuje Stirlingovým motorem, kde samovolně přechází z vyšší teploty na nižší, čímž odevzdává svou energii a vykonává práci (pohání píst). Stirlingův motor je při spojení s dynamem schopen přeměnit mechanickou energii na energii elektrickou.

### 4.3 Energie biomasy

Biomasa představuje látku přírodního původu, kterou lze rozdělit na několik základních zdrojů, které lze použít v elektroenergetice pro výrobu většího množství el. en.:

Tab. 4-1 Rozdělení biomasy pro využití k výrobě el. en.

Palivové a odpadní dřevo	kmeny z polomů, větve, pařezy, kůra, štěpky, piliny, hobliny, ...
Účelově pěstovaná biomasa	konopí seté, hořčice sarepská, oman pravý, čičorka pestrá, kostřava rákosovitá, sveřep bezbraný, ...
Zemědělské plodiny a odpad	obilná sláma, řepková sláma, kukuřičná sláma, lněné stonky, ...

#### 4.3.1 Spalování biomasy

Základním principem, jak získat z energie biomasy energii elektrickou, je spalování. Využití biomasy tímto způsobem je prozatím v České republice nejrozšířenější díky technologickému zvládnutí cyklu výroby elektrické energie, který je totožný se spalováním fosilních paliv. Vzhledem k výhřevním vlastnostem biomasy a aplikaci ve starších typech elektrárenských kotlů se u v České republice nejvíce osvědčilo spalování biomasy s fosilním palivem. Jak je vidět v tabulkách Tab. 4-2 a Tab. 4-3, výhřevnost biomasy je totožná s výhřevností hnědého uhlí, které se v České republice nejvíce využívá ke spalování a následné výrobě elektrické energie.

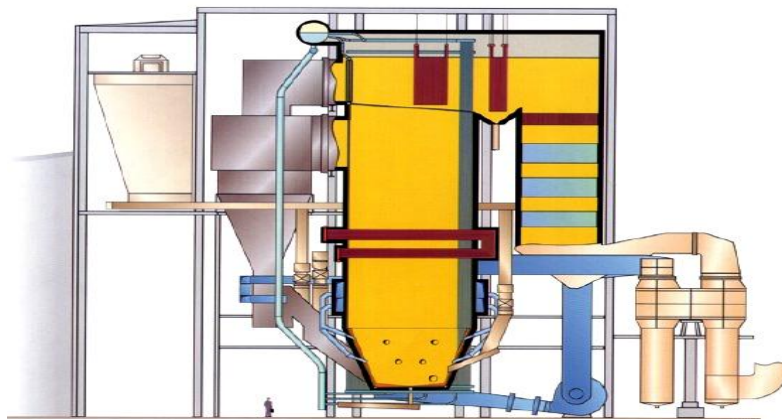
Tab. 4-2 Výhřevnost biopaliv s proměnným obsahem vody [19]

Druh paliva	Obsah vody [%]	Výhřevnost [MJ/kg]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]
Polena	10	16,40	375
Polena	20	14,28	400
Polena	30	12,18	425
Dřevní odpad	10	16,40	170
Dřevní odpad	20	14,28	190
Dřevní štěpka	30	12,18	210
Dřevní štěpka	40	10,10	225
Sláma obilovin (balíky)	10	15,50	120
Sláma kukuřice (balíky)	10	14,40	100
Lněné stonky (balíky)	10	16,90	140
Sláma řepky (balíky)	10	16,00	100

Tab. 4-3 Výhřevnost hlavních druhů uhlí [23]

Druh paliva	Podíl uhlíku [%]	Výhřevnost [MJ/kg]
lignit	30 – 50	13
hnědé uhlí	50 – 80	15 – 20
černé uhlí	80 – 90	18 – 30
Antracit	> 90	26 – 30

V praxi to znamená, že biomasa je v kotli spalována s fosilním palivem a společně ohřívají teplotnosnou látku, která proudí do parní turbíny, kde expanduje a svou energii předá. Mechanická točivá energie turbíny je přivedena na rotor synchronního generátoru, kde dochází na základě elektromagnetické indukce k transformaci mechanické točivé energie na energii elektrickou.



Obr. 4-3 Kotel Foster and Wheeler s cirkulačním fluidním ložem.[19]

Kotel je upraven pro spalování hnědého uhlí s biomasou, biopalivo má samostatný přívod, který umožňuje spalovat biopalivo samostatně. [19]



Množství vyráběné páry za hodinu elektrárny spalující biomasu, lze určit pomocí vztahu:

$$M = \frac{Q_n \cdot M_u}{(i_{ak} - i'_{nv}) \cdot \eta_k} \quad (kg \cdot h^{-1}; kJ \cdot h^{-1}, kg \cdot h^{-1}, kJ \cdot h^{-1}, kJ \cdot h^{-1}, -) \quad (4.3)$$

$Q_n$  – výhřevnost paliva,  $M_u$  – spotřeba paliva za hodinu,  $i_{ak}$  – entalpie přehřáté páry na výstupu z kotle,  $i'_{nv}$  – entalpie napájecí vody vstupující do kotle,  $\eta_k$  – tepelné ztráty v kotli

[17]

#### 4.3.2 Zplyňování biomasy

Složitá technologie založená na termickém zplyňování biomasy, které lze shrnout v následujících krocích:

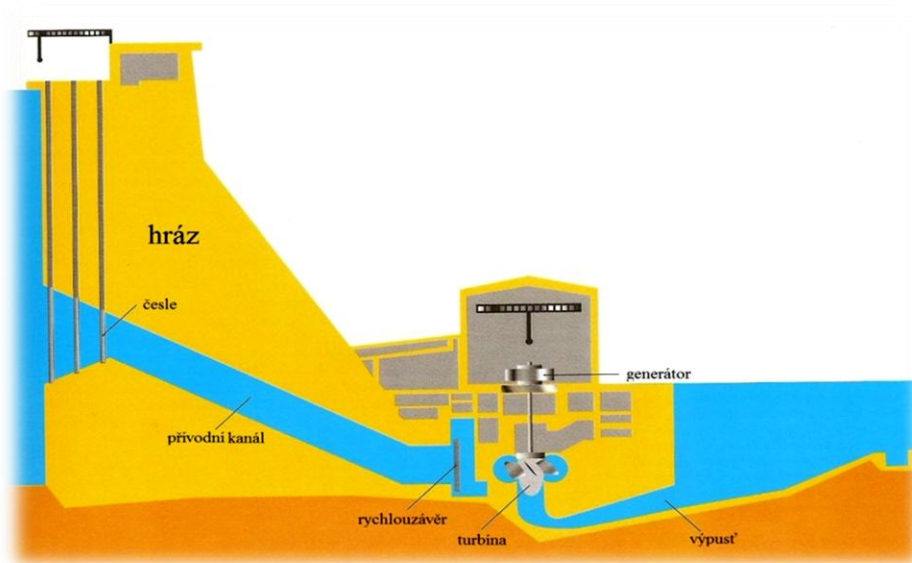
1. Sušení, za účelem odpaření vody.
2. Pyrolýza, přičemž vzniká plyn, plynné dehty a oleje a zbytkové dřevěné uhlí.
3. Zplyňování neboli částečná oxidace pevného dřevěného uhlí, pyrolýza vzniklých dehtů a plynů.

[19]

Takto vzniklý plyn se využívá k provozu plynových turbín, které vytváří točivou mechanickou energii. Ta je přivedena na rotor generátoru, kde se na základě elektromagnetické indukce transformuje na energii elektrickou.

#### 4.4 Energie vody

Samotný princip výroby el. en. z energie vodního toku je založen na proudění vodní masy přívodním kanálem na lopatky turbíny, tím se docílí roztočení turbíny, která má společnou hřídel s rotorem generátoru, dohromady tvoří tzv. turbogenerátor. Mechanická energie proudící vody se tak mění na základě elektromagnetické indukce v hydroalternátoru na energii elektrickou.



Obr. 4-4 Řez akumulční vodní elektrárnou [22]

Užitečný výkon vodního toku:

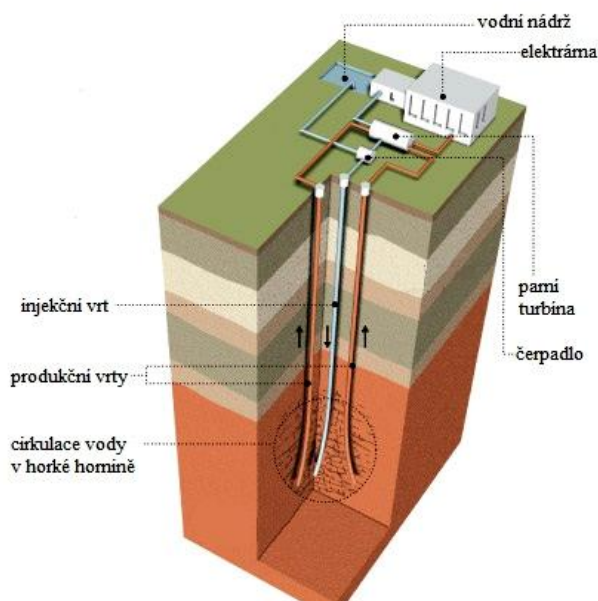
$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (W; kg \cdot m^{-3}, m \cdot s^{-2}, m^3 \cdot s^{-1}, m) \quad (4.4)$$

$g$  – gravitační zrychlení,  $Q$  – průtočný objem,  $H$  – hrubý spád,  $\rho$  – hustota

[17]

## 4.5 Geotermální energie

Geotermální energii, kterou získáváme z nitra Země lze využít v geotermálních elektrárnách na výrobu elektrické energie. Pro výrobu elektrické energie je předpoklad v České republice využít systém HDR (hot dry rock). Samotný princip výroby je založen na organickém Rankinově cyklu (ORC), kdy pracovní látka (např.: silikonový olej) přijme geotermální teplo z vody, dodané vrtem hlubokém cca 5 km, ve výparníku a je odpařena. Pára expanduje průchodem organickou parní turbínou, která je pomocí hřídele spojena s rotorem generátoru a na základě elektromagnetické indukce je mechanická točivá energie přeměněna na energii elektrickou. Pára následně kondenzuje ve vodou chlazeném kondenzátoru nebo vzduchovém chladiči a je zpět dodána s pomocí čerpadel do výparníku ve vrtu.



Obr. 4-5 Geotermální elektrárna



## 5 OPTIMÁLNÍ PODMÍNKY PROVOZU A LOKALIZACE OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ V ČESKÉ REPUBLICCE

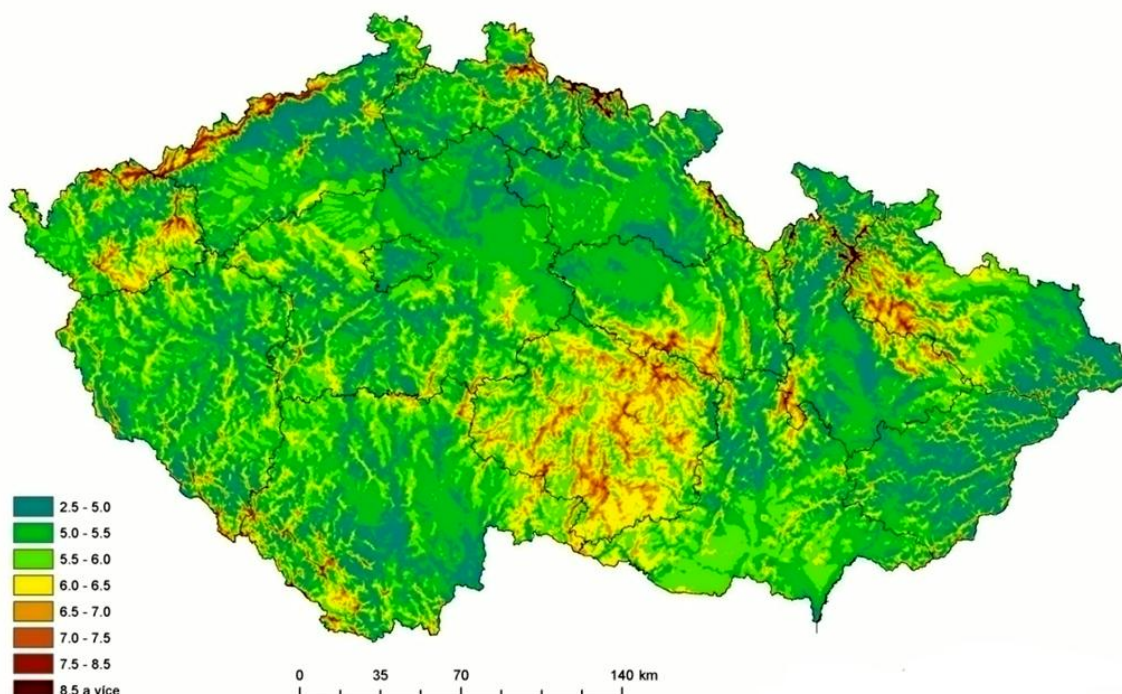
### 5.1 Větrné elektrárny

#### 5.1.1 Optimální podmínky provozu

Proudění vzduchu je výsledkem působení řady sil, kde převládající význam má síla tlakového gradientu. Dále se zmiňme o Coriolisově síle, odstředivé síle a síle třecí, která se uplatňuje v mezní vrstvě atmosféry a je vyvolaná strukturou zemského povrchu. Dále se v nezanedbatelné míře uplatňuje teplotní pole vyjádřené v horizontálním a vertikálním gradientem.

K výrobě elektrické energie se využitelné proudění vzduchu pohybuje v rozmezí 4 – 26 m/s (15 – 95 km/h), při takovéto rychlosti lze provozovat větrné elektrárny (VTE). Ovšem z ekonomického hlediska je VTE staví v lokalitách s průměrnou roční rychlostí větru 6 a více m/s v 100 m nad terénem. Při rychlostech větru nižších jak 6 m/s je neekonomické větrnou elektrárnu provozovat. V rychlostech větru nad 26 m/s je třeba větrnou elektrárnu odstavit. Vlivem větru dochází k rozkmitání konstrukce a hrozí její destrukce.

Pro určení pole průměrné rychlosti větru se používají matematicko-fyzikální modely, které se rozdělují podle metody řešení na statické (VAS) a dynamické (WAsP), a podle kroku sítě, ve kterém model pracuje.

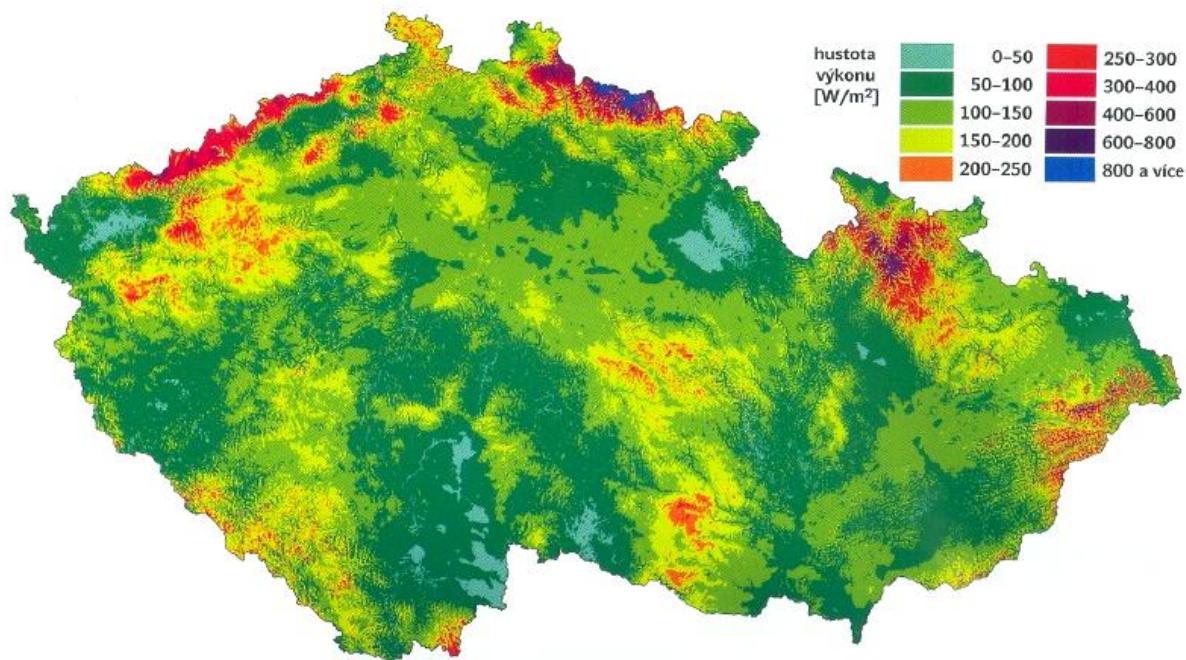


Obr. 5-1 Průměrné roční rychlosti větru m/s ve výšce 100 m nad povrchem. Model VAS 2 [26]

#### 5.1.2 Podmínky lokalizace

Jak již bylo řečeno v předchozí kapitole (5.1.1 Optimální podmínky provozu), jedním z hlavních omezujících faktorů lokalizace VTE je průměrná roční rychlost větru a tedy i průměrné rozložení hustota výkonu větru. Pokud průměrná roční rychlost větru a průměrné

rozložení hustoty výkonu větru nedosahují minimální stanovené hodnoty (6 m/s v 100 m nad terénem, 150 W/m<sup>2</sup> ve 40 m nad terénem), pro ekonomický provoz větrné elektrárny, je lokalita nevhodná pro výstavbu (Obr. 5-1, Obr 5-2, Obr. 5-3).



Obr. 5-2 Hustota výkonu větru ve výšce 40 m na území ČR. Hybridní model VAS/WAsP [24]

Další značně omezující faktor výstavby VTE je proces posuzování vlivu staveb na životní prostředí, zákon č. 100/2001 Sb. (EIA), který určuje hodnocení vlivu stavby VTE na flóru (kácení zeleně při stavbě, vliv na chráněné druhy rostlin, atd.), faunu (vliv na hnízdičí a tažné ptactvo, chráněné druhy živočichů, atd.) a na krajinný ráz. Další podmínky, které musí stavba splňovat, aby mohla být postavena v chráněných územích ochrany přírody, vymezuje zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů. Souhrn těchto podmínek obsahuje následující přehled.

Tab. 5-1 Rozdělení chráněných území a částí krajiny v ČR dle zákona č. 114/1992 Sb. [19]

skupina	kategorie chráněných území a částí krajiny
I.	národní parky, chráněné krajinné oblasti – zóny ochrany, národní přírodní rezervace, přírodní rezervace
II.	chráněné krajinné oblasti – části nezařazené do I. Skupiny, národní přírodní památky, přírodní památky
III.	evropsky významné stanovištní lokality, ptačí oblasti
IV.	územní systém ekologické stability, významné krajinné prvky, přírodní parky, přechodně chráněné plochy
V.	lokality výskytu zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů
VI.	lokality ochrany krajinného rázu

Skupina I. zahrnuje území se zvláštním režimem, ve kterých zákon o ochraně přírody a krajiny stavby typu větrné elektrárny **zakazuje**. U národních parků, chráněných krajinných oblastí, národních přírodních rezervací a přírodních rezervací může výjimku ze zákazu, v případech, kdy veřejný zájem převyšuje nad zájmem ochrany přírody, povolit v každém jednotlivém případě svým rozhodnutím vláda.

Skupina II. zahrnuje území se zvláštním režimem, ve kterých zákon o ochraně přírody a krajiny umístění stavby typu větrné elektrárny **nevylučuje**. Stavby v nich lze umístit pouze při respektování zákazů a po vydání souhlasů, které stanoví zákon o ochraně přírody a krajiny. U chráněné krajinné oblasti, národní přírodní památky a přírodní památky může výjimku ze zákazu, v případech, kdy veřejný zájem převyšuje nad zájmem ochrany přírody, povolit v každém jednotlivém případě svým rozhodnutím vláda.

Skupina III. zahrnuje evropsky významné lokality přírodních stanovišť a stanovišť druhů v zájmu Evropských společenství a ptačí oblasti, ve kterých zákon o ochraně přírody a krajiny umístění stavby typu větrné elektrárny **nevylučuje**, ale stavby v nich nebo mimo ně lze umístit pouze při respektování zákazů a po vydání souhlasů, které stanoví zákon o ochraně přírody a krajiny. Pokud jsou součástí zvláště chráněných území, uvedených v jiných skupinách, vztahují se na ně rovněž omezení uvedená u těchto skupin. Výjimku ze zákazu může udělit orgán ochrany přírody za podmínek stanovených zákonem o ochraně přírody a krajiny. Stavby v nich nebo mimo ně, které mohou samostatně nebo ve spojení s jinými významně ovlivnit tato území, podléhají hodnocení podle § 45h a 45i zákona o ochraně přírody a krajiny.

Skupina IV. zahrnuje specifické části krajiny, ve kterých stavby typu větrné elektrárny **nevylučuje**, ale stavby v nich lze umístit pouze v případech, že jejich realizací nedojde k narušení nebo nenávratnému poškození hodnot krajiny. Jedná se o významné krajinné prvky (§3 odst. 2 – lesy, rašelinště, vodní toky, rybníky, jezera, údolní nivy, registrované významné prvky), dřeviny (§7 odst. 1), území s prvky systému ekologické stability (§4 odst. 1), stanoví, v jakých případech lze stavby v nich umístit pouze na základě závazného stanoviska orgánu ochrany přírody.

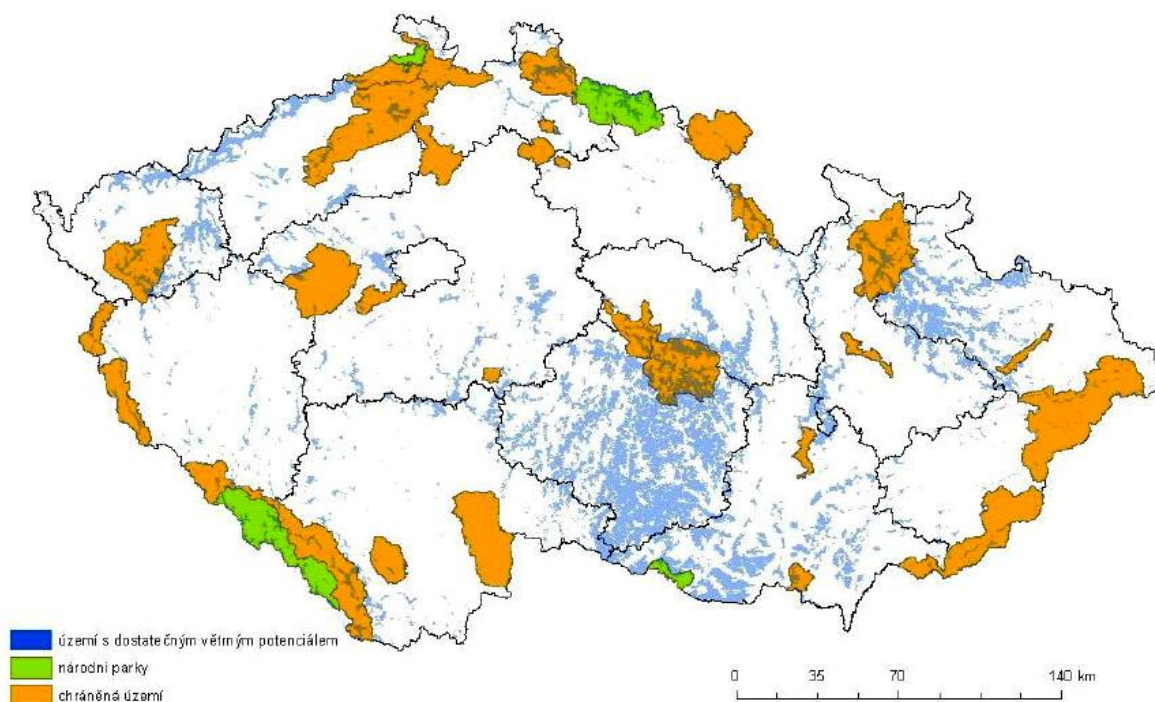
Skupina V. zahrnuje území s biotopy zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů včetně okolního území podmiňujícího jejich existenci a existenci jejich přirozených a umělých sídel. V těchto územích zákon o ochraně přírody a krajiny stavby typu větrné elektrárny **nevylučuje**, pokud budou dodrženy podmínky ochrany a vydány souhlasy, které stanoví zákon o ochraně přírody a krajiny. Stavby v nich lze umístit pouze na základě výjimky ze základních ochranných podmínek podle § 49, § 50 a § 56 zákona o ochraně přírody a krajiny.

Skupina VI. zahrnuje území, ve kterém zákon o ochraně přírody a krajiny stavby typu větrné elektrárny **nevylučuje**, ale stavby v nich lze umístit, pouze pokud bude zajištěn ohled na zachování zákonem stanovených charakteristik krajinného rázu.

[19]

Následující mapa znázorňuje území s dostatečnou průměrnou roční rychlostí větru (6 m/s v 100 m nad terénem) a území podléhající zákonu č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.





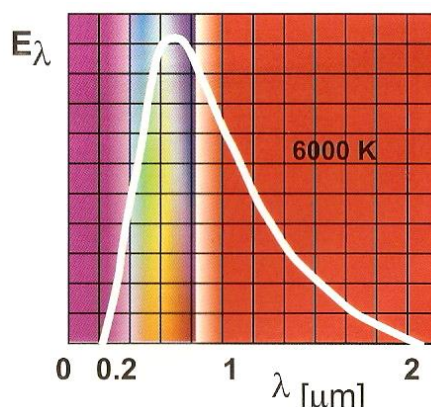
Obr. 5-3 Území ČR s dostatečným větrným potenciálem vs. chráněná území ČR [11]

Poslední omezující faktor výstavby VTE představuje skupinu politicko-sociálních, územních a technologických omezujících činitelů. Lze pod ně zařadit např. nesouhlasný postoj obyvatel a obecních úředníků v dané lokalitě, blízkost železniční, silniční a letecké dopravy, vojenské prostory, lesní porost, technologicky náročné připojení do elektrizační soustavy, atd.

## 5.2 Sluneční elektrárny

### 5.2.1 Optimální podmínky provozu

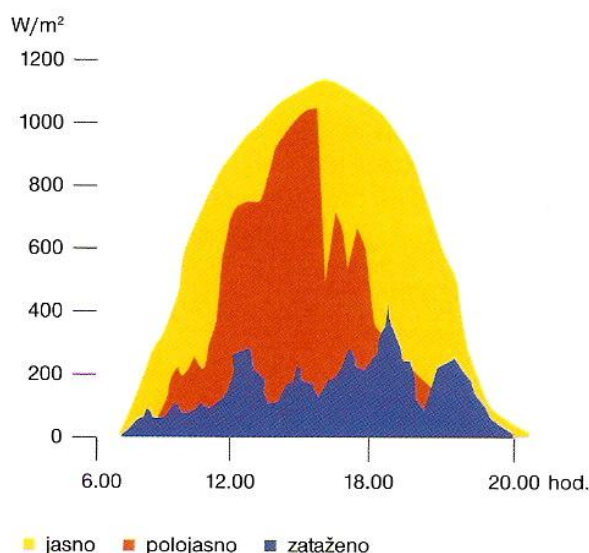
Slunce vysílá elektromagnetické záření, které má spojité spektrum odpovídající teplotě slunečního povrchu, tedy zhruba 6000 K. Elektromagnetické záření obsahuje infračervenou složku (tepelné záření), viditelnou složku a ultrafialovou složku. Celé toto spektrum má určitý výkon, ovšem na povrch Země dopadá spektrum ovlivněné pohlcováním některých vlnových délek plyny, obsaženými v atmosféře a tím se výkon, dopadající na zemský povrch, který je možné přeměnit na el. en., značně snižuje.



$E_\lambda$  – intenzita záření,  $\lambda$  – vlnová délka

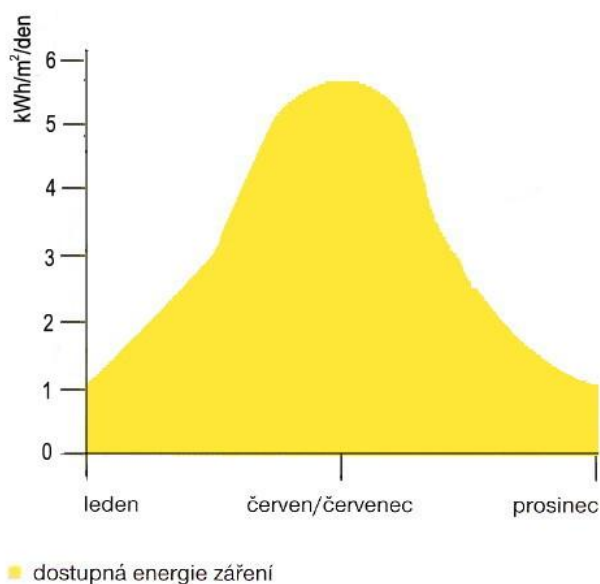
Obr. 5-4 Spektrum slunečního záření dopadajícího na povrch Země [30]

Výkon v podobě elektromagnetického záření, dopadající na zemský povrch je ovlivněn zeměpisnou polohou. Směrem k rovníku se výkon zvyšuje, dále je ovlivněn denní dobou, tedy zda je v lokalitě umístění sluneční elektrárny aktuálně noc, či den. V případě dne je výkon dále ovlivněn fází dne, kdy elektromagnetické záření prochází v závislosti na denní etapě různou vrstvou atmosféry (Obr. 5-5). Dopadající výkon dále značnou měrou ovlivňují atmosférické podmínky, tedy zda je v lokalitě umístění sluneční elektrárny obloha jasná, polojasná, či zatažená (Obr. 5-5).



*Obr. 5-5 Denní průběh výkonu dopadajícího záření v závislosti na čase a počasí [4]*

Dopadající výkon ovlivňuje taktéž roční doba, při které je sluneční elektrárna provozována. Tento fakt souvisí s ročním obdobím, kdy se v ČR mění délka dne, což znamená delší a kratší dobu dopadajícího elektromagnetického záření a mění se poloha slunce na obloze, což ovlivňuje průchodnost elektromagnetického záření atmosférou. Roční doba také ovlivňuje rozložení plynů v atmosféře, které taktéž ovlivňují průchodnost elektromagnetického záření zemskou atmosférou. (Obr. 5-6)

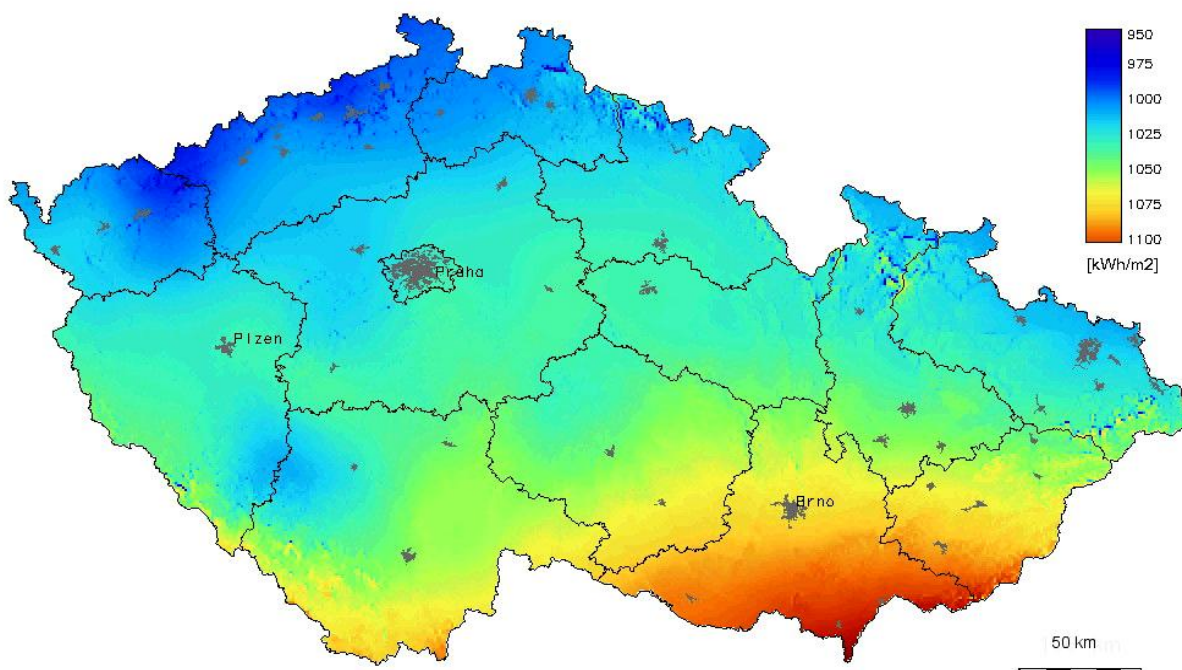


*Obr. 5-6 Dopadající energie záření v závislosti na ročním období*

### 5.2.2 Podmínky lokalizace

Sluneční energie je dostupná kdekoli na Zemi, proto neexistuje ani preference lokalit. Sluneční elektrárnu lze tedy postavit kdekoli v ČR. Omezujícími faktory jsou pouze ekonomické, politicko-sociální a územní aspekty. Lze pod ně zařadit např. proces posuzování vlivu staveb na životní prostředí, zákon č. 100/2001 Sb. (EIA), nesouhlasný postoj obyvatel a obecních úředníků v dané lokalitě, vojenské prostory, lesní porost, v zimním období nadměrná sněhová pokrývka, technologicky náročné připojení do elektrizační soustavy, atd.

I když je možno sluneční elektrárnu postavit na „jakémkoliv“ území v ČR, lze jako jeden z hlavních činitelů vhodnosti výstavby považovat celkové roční sluneční záření v daných lokalitách (Obr. 5-7).



Obr. 5-7 Celkové roční sluneční záření na území České republiky [20]

## 5.3 Elektrárny na biomasu

Vzhledem k tomu, že v ČR je nejvíce rozšířeno spalování biomasy k získání energie, následující podtémata se budou věnovat pouze optimálním podmínkám provozu a lokalizace zařízení na spalování biomasy.

### 5.3.1 Optimální podmínky provozu

Biomasa určená pro spalování představuje různé druhy organických rostlin, které jsou vhodné svou výhřevností k využití v kotlích (Tab. 4-2). V ČR se biomasa spaluje nejčastěji s hnědým uhlím v kotlích s fluidním ložem. Abychom docílili co nejlepších optimálních podmínek provozu, je nutné, aby biomasa měla podobnou výhřevnost, jako má hnědé uhlí a obsahovala optimální procentuální obsah vody vzhledem k objemové hmotnosti. Při vlhkosti nižší má hoření explozivní charakter a mnoho energie uniká s kouřovými plyny. Při vyšší vlhkosti se mnoho energie spotřebuje na její vypaření a spalování je nedokonalé. U každého z používaných druhů organických rostlin ke spalování je optimální rozmezí jiné, jak uvádí tabulka 4-2 (Tab. 4-2). Pokud dodržíme optimální procentuální obsah vody a stanovenou výhřevnost v biomase, tak



docílíme lepšího hoření směsi hnědého uhlí a biomasy v kotli a zvýšíme účinnost Rankin-Claudinova cyklu, přičemž není nutné příliš měnit technologii celé elektrárny.

### 5.3.2 Podmínky lokalizace

Organické rostliny účelově pěstované v podobě biomasy vhodné ke spalování je možno vypěstovat na jakékoliv dostupné půdě. Kvalita zeminy tyto rostliny téměř neovlivňuje a je možné využít i půdu, která se jinak nedá zemědělsky využít. Obtíže přináší až otázka, kde takto získanou biomasu spálit a tím energeticky využít. Výstavba nové elektrárny je dlouhý a velmi obtížný proces, který podléhá omezujícím faktorům, které představují ekonomické, politicko-sociální a územní aspekty. Lze pod ně zařadit např. proces posuzování vlivu staveb na životní prostředí, zákon č. 100/2001 Sb. (EIA), chráněná území, nesouhlasný postoj obyvatel a obecních úředníků v dané lokalitě, vojenské prostory, atd. Pokud tedy upustíme od výstavby nové jednotky, je třeba technicky upravit stávající uhelné elektrárny a kogenerační teplárny ke spalování, či spoluspalování biomasy (Obr 5-8).



Obr. 5-8 Významné uhelné elektrárny a teplárny s kogenerací

## 5.4 Vodní elektrárny

### 5.4.1 Optimální podmínky provozu

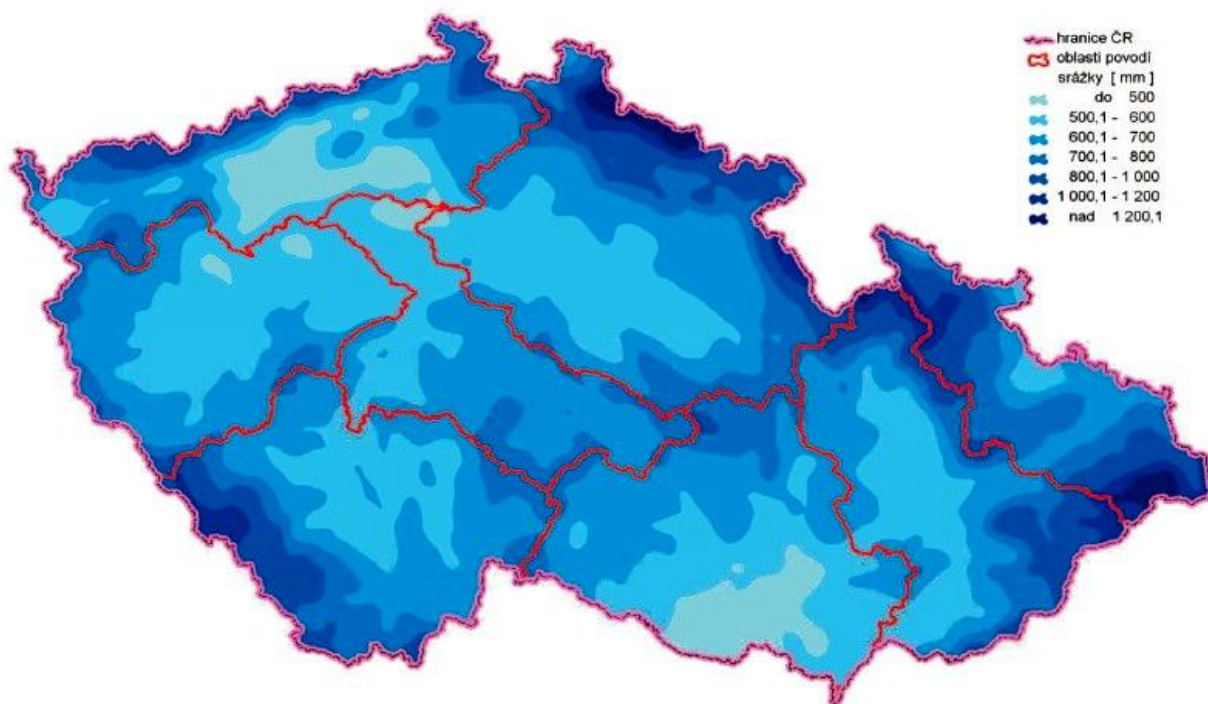
Vodní energie je nositelem mechanické energie a vnitřní energie tepelného pohybu molekul, která je v našich podmínkách ukryta ve vodních tocích. Pokud vyjdeme z rovnice pro energii vodního toku:

$$E = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot t \quad (\text{Wh}; \text{km} \cdot \text{m}^{-3}, \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \text{m}, \text{s}) \quad (5.4)$$

$\rho$  – hustota,  $g$  – gravitační zrychlení,  $Q$  – průtočný objem,  $H$  – spád,  $t$  – čas

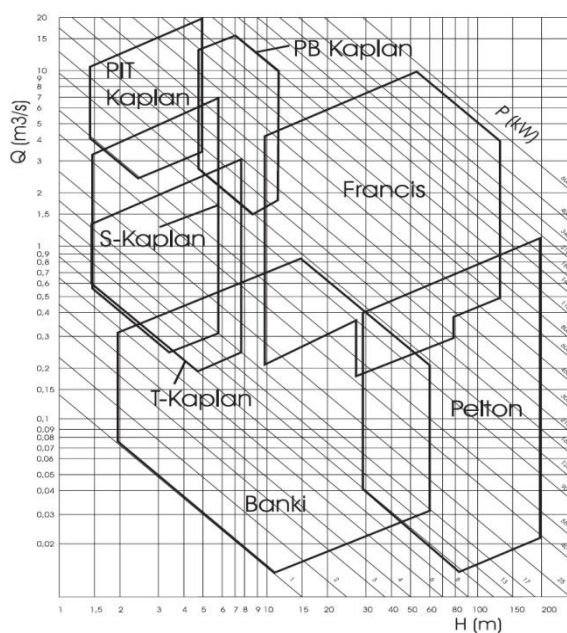
[17]

Zjistíme, že energie vodního toku závisí na průtoku ( $Q$ ), spádu ( $H$ ) a čase ( $t$ ). K docílení optimálních podmínek provozu je nutné udržovat projektovaný průtok turbínou konstantní, tedy maximální možný čas. Velikost objemového průtoku v našich podmínkách však ovlivňuje roční období a úhrn srážek na daném území (Obr. 5-9).



Obr. 5-9 Rozložení dlouhodobého úhrnu srážek mm/rok [8]

Velikost spádu je druhým kritériem, které vymezuje optimální podmínky provozu vodní elektrárny. V současné době jsou dostupné technologie, které dovedou využít vodní spády v rozmezí 1 – 1000 m. V ČR uvažujeme vzhledem ke geografickým možnostem území vodní spády 1 – 200 m. Velikost spádu a průtočného objemu tedy ovlivňuje použitou technologii při stavbě vodní elektrárny (Obr. 5-9) a tím i optimální podmínky provozu vodní elektrárny u každého vodního díla individuálně.



$Q$  – průtok turbínou,  $H$  – spád,  $P$  – výkon, PIT, PB, S a T představují různá konstrukční provedení Kaplanovy turbíny.

Obr. 5-10 Základní charakteristika vodních turbín a vymezení oblastí jejich použití v závislosti na dispozicích vodního zdroje [19]



Pozn.: V Obr. 5-10 není uveden nový typ tzv. Vírové turbíny, která je využitelná pro toky s velkým průtokem a extrémně nízkými spády 1 – 3 m.

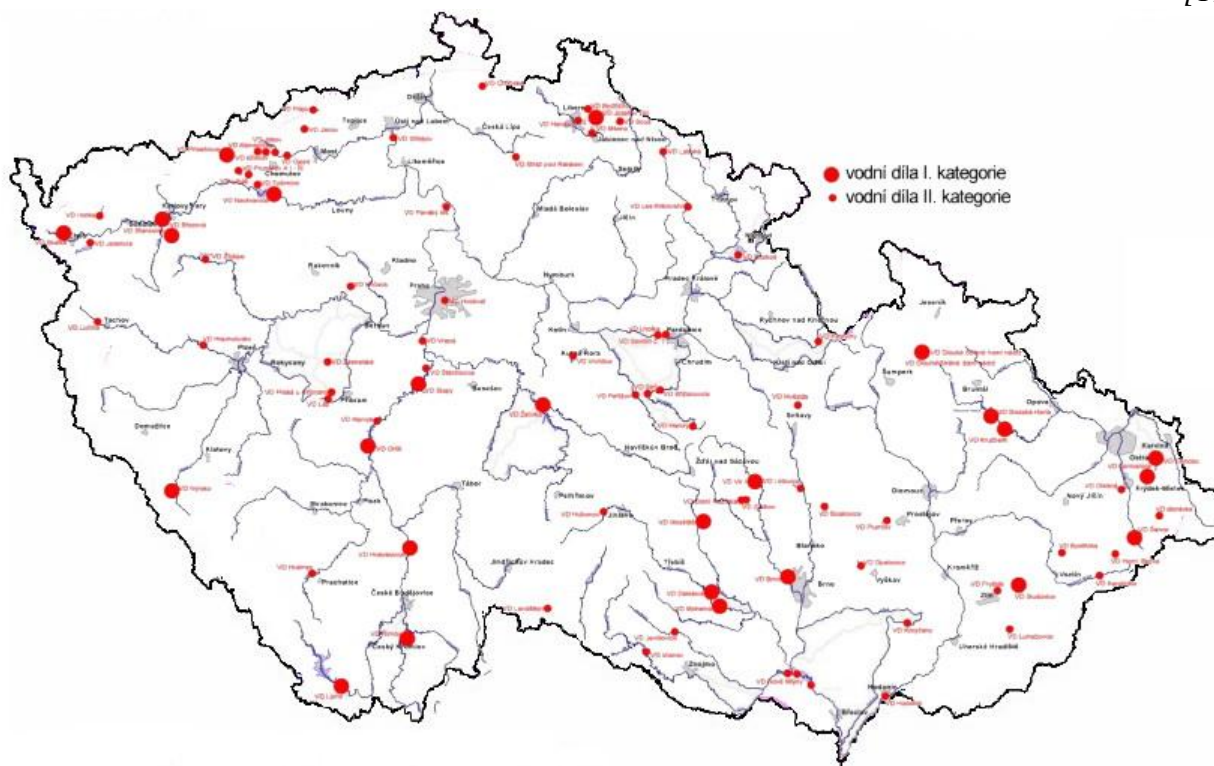
### 5.4.2 Podmínky lokalizace

Vodní elektrárnu je možno postavit na vodním toku v lokalitách, kde dosahujeme minimálního objemového průtoku vodního toku a docílíme minimálního vodního spádu, který dokážeme využít současnou technologií. To jsou dvě základní podmínky lokalizace, ovšem jedním z velmi důležitých aspektů výstavby nové vodní elektrárny je ten, že v současné době jsou podle odhadů aplikovány vodní elektrárny již na 70 % využitelného potenciálu a pouze 30 % zbývá k využití.

*Z provedených šetření, lze rozdělit dosud nevyužívaný hydroenergetický potenciál podle četnosti lokalit na vodních tocích se zřetelem na získání spádu do tří skupin:*

- spád větší než 5m                      četnost 10 %
- spád od 2 do 5 m                      četnost 55 %
- spád menší než 2 m                    četnost 35 %

[19]



Obr. 5-11 Nejvýznamnější vodní díla a toky České republiky [25]

Dosud nevyužívaný hydroenergetický potenciál nicméně dále omezují faktory, které souvisejí s ekonomickou otázkou a rentabilitou investice, dále se uplatňují politicko-sociální a územní aspekty. Lze pod ně zařadit např. proces posuzování vlivu staveb na životní prostředí, zákon č. 100/2001 Sb. (EIA), nesouhlasný postoj obyvatel a obecních úředníků v dané lokalitě, vojenské prostory, atd.

## 5.5 Geotermální elektrárny

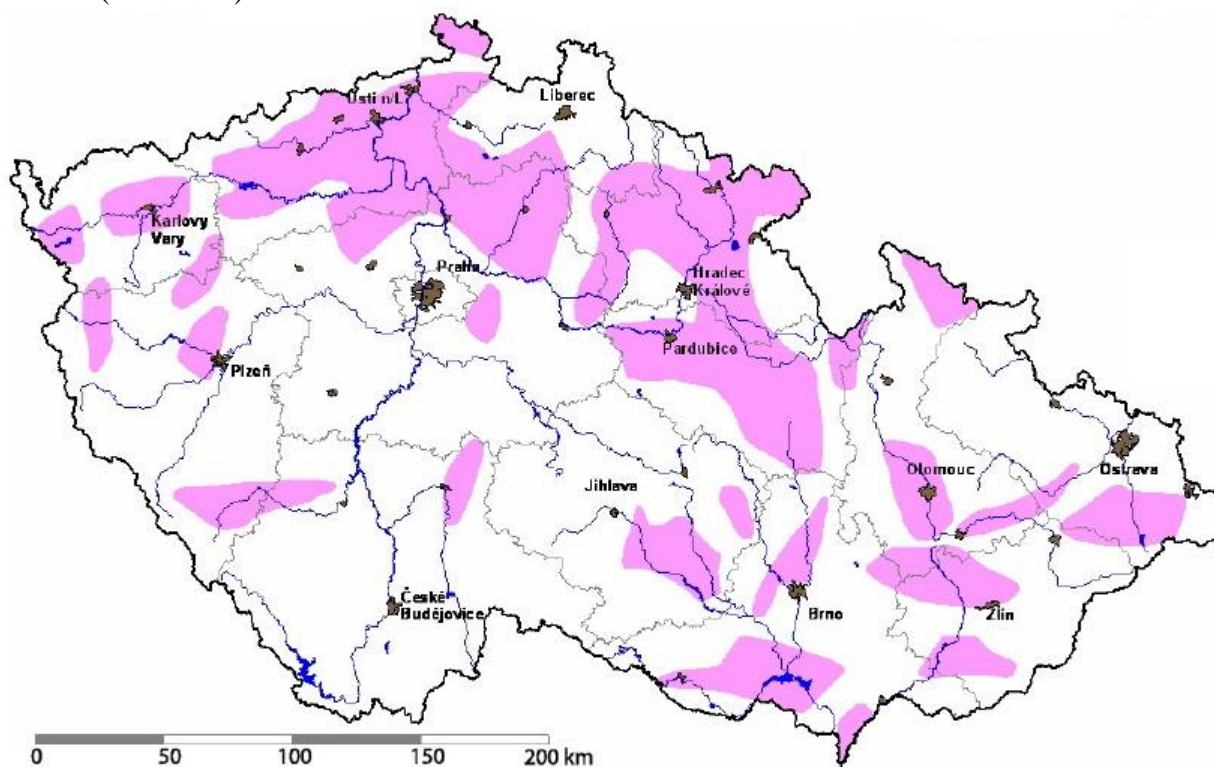
### 5.5.1 Optimální podmínky provozu

Z nitra Země je uvolňován v kontinentální zemské kůře směrem k povrchu tepelný tok o průměrné hodnotě  $57 \text{ mW/m}^2$ . Původ tepelného toku je v teplotním gradientu mezi „studeným“ zemským povrchem a „teplým“ zemským jádrem. Pro využití geotermální energie je rozhodující tzv. geotermální teplotní gradient, který představuje nárůst teploty s rostoucí hloubkou pod zemským povrchem. Za ustáleného stavu při konstantním tepelném toku se teplotní gradient mění podle tepelné vodivosti vrstev hornin. Průměrný teplotní gradient blízko povrchu do několika km je cca  $30 \text{ K/km}$ , ale podle geologického složení zemských vrstev se může pohybovat v rozmezí  $10 \text{ K/km}$  až  $100 \text{ K/km}$ .

V podmínkách ČR se úvahy o možnostech geotermálních projektů HDR vyvíjí směrem, že optimální pro provoz budou hodnoty teplotního gradientu okolo  $30 \text{ K/km}$  a hloubka vrtů okolo  $5 \text{ km}$  pod zemský povrch. Což znamená, že se uvažuje pracovní teplota média přibližně  $150^\circ\text{C}$  a rychlost výměny média přibližně  $150 \text{ l/s}$ .

### 5.5.2 Podmínky lokalizace

Pro využívání geotermální energie jsou vhodné lokality s teplotním gradientem okolo  $30 \text{ K/km}$  (Obr. 5-12).



Obr. 5-12 Příhodné oblasti pro využití geotermální energie v České republice [20]

Při použití technologie HDR s hlubokými vrtů je ovšem nutné z těchto lokalit vyjmout lázeňské oblasti s termálními prameny z důvodů jejich zákonné ochrany.

Dalšími omezující faktory lokalizace mohou být ekonomické, politicko-sociální a územní aspekty stavby. Lze pod ně zařadit např. proces posuzování vlivu staveb na životní prostředí, zákon č. 100/2001 Sb. (EIA), nesouhlasný postoj obyvatel a obecních úředníků v dané lokalitě, vojenské prostory, oblasti s doly, atd.

## 6 PROGRAMY NA PODPORU ROZVOJE OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE

V České republice jsou dle zákona 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), zavedeny 2 druhy podpor výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů, jimiž jsou:

- 1) **výkupní ceny el.en. z OZE**
- 2) **zelené bonusy**

Zásadní zásady zákona 180/2005 Sb.:

- podpora je poskytována na elektřinu vyrobenou z OZE, jimiž se rozumí energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu a energie bioplynu.
- Provozovatelé přenosové a distribuční sítě jsou povinni přednostně připojit zdroj vyrábějící elektřinu z OZE
- Výkupní ceny a zelení bonusy stanovuje vždy na rok dopředu Energetický regulační úřad (ERÚ)
- Zafixování výše podpory na dobu 15 let od uvedení zdroje do provozu.
- Meziroční pokles výkupní ceny může být maximálně 5%
- Diferencované ceny pro různé kategorie obnovitelných zdrojů (rozdílné investiční a provozní náklady jednotlivých OZE)
- Výrobce z obnovitelných zdrojů si může vybrat každý rok ze dvou systémů podpory, jimiž jsou výkupní ceny a zelené bonusy

Důležitá je taktéž vyhláška MŽP č. 5/2007 Sb., (482/2005 Sb.) o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, která stanovuje druhy a způsoby využití biomasy, na které se z hlediska ochrany životního prostředí vztahuje podpora podle zákona a dále stanovuje parametry biomasy, podle kterých se stanovují kategorie biomasy s odlišnou podporou výroby elektřiny.

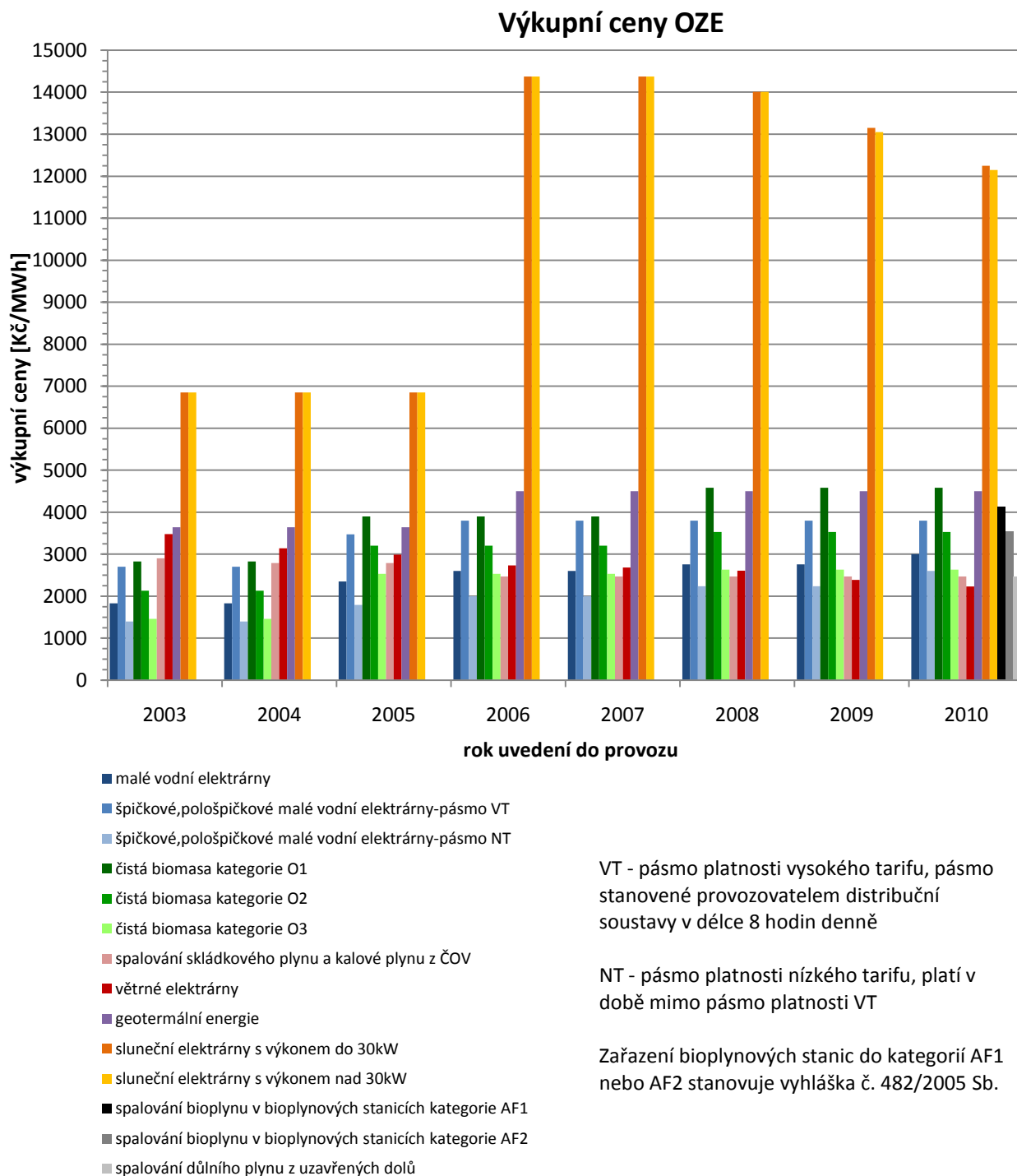
Podle této vyhlášky existují kategorie:

- 1 = cíleně pěstovaná biomasa
- 2 = hnědá biomasa (štěpka, sláma...)
- 3 = bílá odpadní biomasa (piliny, odpadní dřevo...)
- O = spalování čisté biomasy
- P = paralelní spalování biomasy a neobnovitelného zdroje
- S = společné spalování biomasy a neobnovitelného zdroje

### 6.1 Výkupní ceny elektrické energie z obnovitelných zdrojů elektrické energie

Pokud výrobce el. en. z OZE zvolí podporu v podobě (pevné) výkupní ceny, zajistí si tím povinný výkup elektřiny provozovatelem distribuční/přenosové sítě, bez ohledu na potřebu soustavy. Investor tedy předá značnou část podnikatelských rizik provozovateli distribuční/přenosové soustavy. Výrobce má fixovanou výkupní cenu elektřiny po dobu 15 let od uvedení zdroje do provozu s tím, že dle vyhlášky ERÚ č. 150/2007 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen, po dobu životnosti výroby elektřiny se výkupní ceny meziročně zvyšují s ohledem na index cen průmyslových výrobců minimálně o 2 % a maximálně o 4 %, s výjimkou výroben spalujících biomasu a bioplyn. Výkupní ceny ovšem nelze uplatnit v případě spoluspalování biomasy a fosilních paliv. Výkupní ceny elektřiny jsou

v principu stanoveny na základě výpočtů minimálních cen elektřiny pro jednotlivé druhy OZE a jejich určování má na starosti ERÚ, který určuje výkupní ceny rok dopředu.



Obr. 6-1 Výkupní ceny elektřiny z OZE v ČR

## 6.2 Zelené bonusy

Jestliže výrobce zvolí podporu pomocí zelených bonusů, je nucen si sám najít kupce vyrobené elektřiny a smluvně s ním dojednat otázku odchylek. To samozřejmě znamená ponechání si velké části podnikatelských rizik. Ovšem výhodou pro výrobce je, že elektřinu posléze prodává za tržní, tedy s odběratelem dojednanou výkupní cenu a dále obdrží od provozovatele distribuční/přenosové soustavy zelený bonus. Zelené bonusy jsou tedy zatíženy

větším rizikem pro výrobce. Oproti výkupním cenám se zelené bonusy snaží více motivovat výrobce, aby dodával elektřinu podle potřeb soustavy a minimalizoval odchylky skutečně dodané elektřiny od smluvního ujednání. Výhodou zelených bonusů je uplatnitelnost při spoluspalování biomasy a fosilních paliv. Výše zelených bonusů koresponduje s výší výkupních cen a současně zohledňuje vyšší riziko režimu zelených bonusů. Ceny zeleného bonusu vychází z následující rovnice:

$$C_{ZB} > C_{MIN} - C_{TR} \quad (6.1)$$

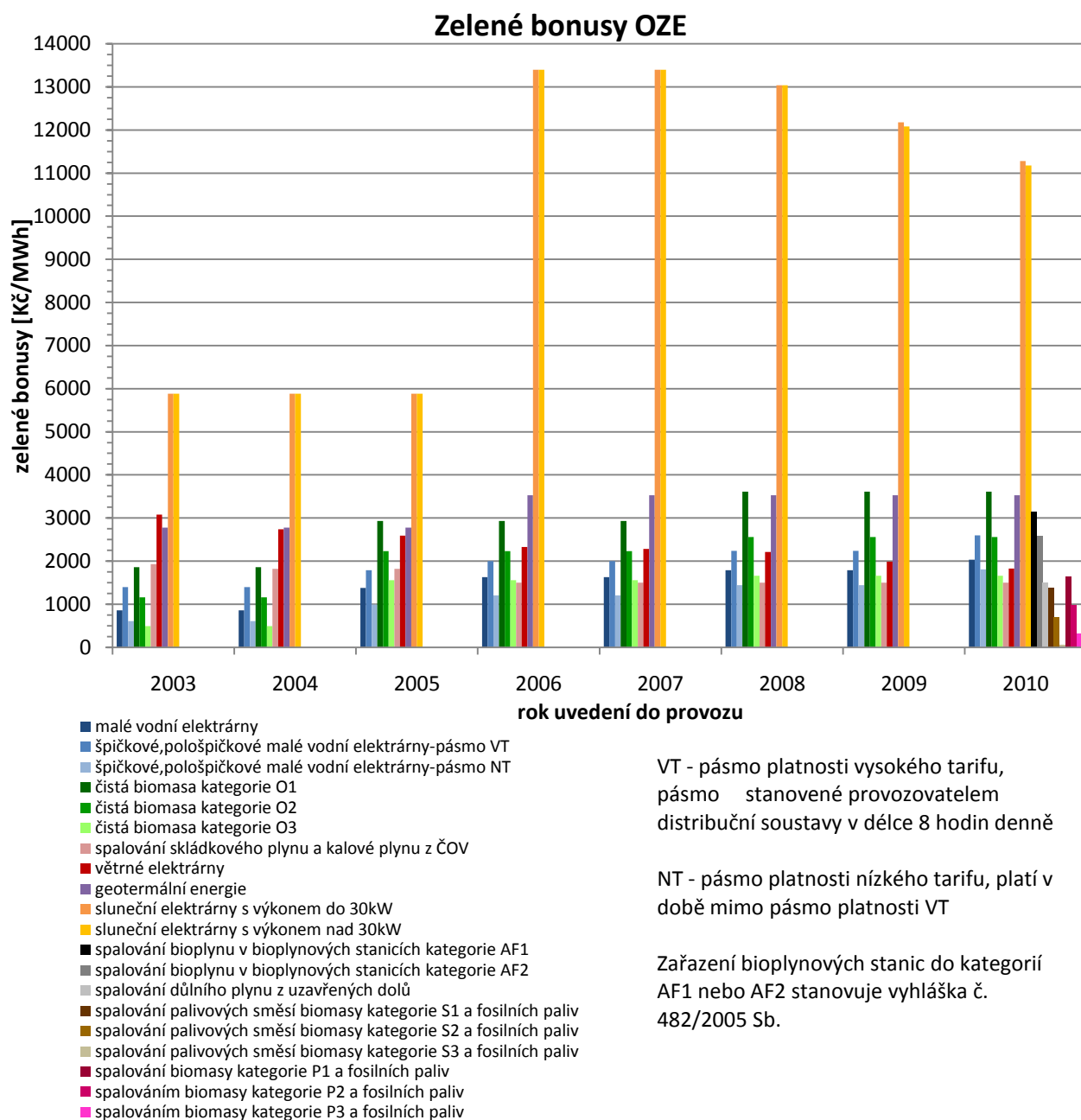
$C_{ZB}$  cena zeleného bonusu [Kč]

$C_{MIN}$  minimální výkupní cena elektřiny z OZE [Kč]

$C_{TR}$  tržní cena elektřiny příslušného druhu OZE [Kč]

[8]

Výši zelených bonusů stanovuje rok dopředu ERÚ.



Obr. 6-2 Zelené bonusy pro elektřinu vyrobenou z OZE v ČR

## 7 PODMÍNKY PŘIPOJENÍ OZE DO DISTRIBUČNÍ ELEKTRICKÉ SÍTĚ

Podmínky připojení zařízení žadatele k distribuční soustavě jsou:

- a) podání žádosti o připojení,
- b) souhlasné stanovisko provozovatele distribuční soustavy k žádosti o připojení,
- c) uzavření smlouvy o uzavření budoucí smlouvy – smlouvy o připojení zařízení k distribuční soustavě (SoBS) / smlouvy o připojení (SoP) nebo změna stávající smlouvy o připojení mezi žadatelem a provozovatelem distribuční soustavy (PDS).

### 7.1 Podání žádosti o připojení

Žádost o připojení zařízení žadatele k distribuční soustavě se podává před výstavbou nebo připojením nového zařízení, před zvýšením rezervovaného příkonu, popřípadě výkonu stávajícího připojeného zařízení, nebo před zásadní změnou charakteru odběru. Žádost se podává na každé odběrné nebo předávací místo zvlášť. Náležitosti žádosti pro připojení požadovaného zařízení žadatele jsou uvedeny v přílohách vyhlášky č. 51/2006 Sb. Neobsahuje-li žádost o připojení veškeré stanovené náležitosti, vyzve provozovatel distribuční soustavy bez zbytečného odkladu žadatele k jejímu doplnění. Je-li to nezbytné pro náležité posouzení žádosti o připojení, vyzve provozovatel distribuční soustavy žadatele o doplnění poskytnutých údajů v potřebném rozsahu.

Poznámka:

Žadatelem se rozumí fyzická nebo právnická osoba, která žádá o připojení zařízení k distribuční soustavě nebo o zvýšení rezervovaného příkonu nebo výkonu stávajícího zařízení a která je oprávněna zařízení užívat na základě vlastnického nebo jiného práva; za žadatele se považuje rovněž fyzická nebo právnická osoba, která v daném území zamýšlí výstavbu výrobní elektřiny nebo jiného energetického zařízení.

Zařízením se ve smyslu vyhlášky č. 51/2006 Sb, rozumí výrobní elektřiny, distribuční soustava nebo odběrné elektrické zařízení konečného zákazníka.

### 7.2 Souhlasné stanovisko provozovatele distribuční soustavy k žádosti o připojení

Žádost o připojení je posouzena provozovatelem distribuční soustavy s ohledem na:

- místo a způsob požadovaného připojení
- velikost požadovaného rezervovaného příkonu nebo výkonu a časový průběh zatížení
- spolehlivost dodávky elektřiny
- charakter zpětného působení zařízení žadatele na distribuční soustavu

Na základě posouzení žádosti o připojení podle výše uvedených kritérií vydá provozovatel distribuční soustavy žadateli stanovisko s těmito náležitostmi:

- místo a způsob připojení zařízení žadatele včetně určení odběrného nebo předávacího místa a stanovení hranice vlastnictví zařízení
- předpokládaný termín připojení a zajištění rezervovaného příkonu nebo výkonu
- umístění a typ měřicích zařízení provozovatele distribuční soustavy
- výše podílu žadatele na nákladech spojených s připojením zařízení žadatele a se zajištěním požadovaného rezervovaného příkonu nebo výkonu

- potvrzení požadavku na výši rezervovaného příkonu nebo výkonu a časový průběh jeho zatížení;
- dobu závaznosti stanoviska

Provozovatel distribuční soustavy vydá do 30 kalendářních dnů ode dne obdržení žádosti o připojení nebo po obdržení všech doplňujících údajů v potřebném rozsahu stanovisko.

V případech, kdy je nezbytné provést měření, nebo u sítě o napěťové hladině 110 kV ověření chodu sítě, prodlužuje se termín 30 dnů o dobu měření nebo ověření chodu sítě, maximálně však na 60 kalendářních dnů ode dne obdržení žádosti o připojení.

Provozovatel distribuční soustavy je stanoviskem vázán po dobu nejméně 180 kalendářních dnů ode dne odeslání stanoviska žadateli, pokud se žadatel s provozovatelem distribuční soustavy nedohodnou jinak. Je-li během této doby zahájeno na návrh žadatele řízení (např. územní nebo stavební řízení podle stavebního zákona), prodlužuje se doba závaznosti stanoviska o dobu trvání takového řízení.

Poznámka:

Rezervovaným příkonem se ve smyslu vyhlášky č. 51/2006 Sb., rozumí hodnota elektrického příkonu sjednaná s provozovatelem distribuční soustavy na základě požadovaného příkonu pro odběrné místo v kW na hladině VVN a VN nebo ve výši jmenovité hodnoty hlavního jističe před elektroměrem v A na hladině NN.

Rezervovaným výkonem se ve smyslu vyhlášky č. 51/2006 Sb., rozumí hodnota připojovaného výkonu výroby elektřiny v předávacím místě distribuční soustavy v MW v základním zapojení snižena o hodnotu vlastní spotřeby elektřiny na výrobu elektřiny nebo na výrobu elektřiny a tepla.

### 7.3 Uzavření SoBS / SoP nebo změna stávající SoP mezi žadatelem a PDS

Připojení zařízení žadatele k distribuční soustavě se uskutečňuje na základě uzavřené SoP k distribuční soustavě. S jedním žadatelem může být uzavřena jedna SoP zahrnující i více odběrných nebo předávacích míst, pokud je každé místo ve smlouvě samostatně specifikováno.

V SoBS je závazek Smluvních stran uzavřít v budoucnu SoP za podmínek stanovených v SoBS.

Součástí podmínek připojení zařízení sjednaných ve SoP jsou také ujednání o typu měření a jeho umístění a výše podílu žadatele na nákladech spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu nebo výkonu.

Základní obsah smlouvy o připojení (SoP):

- a) Podmínky připojení odběrného místa/zařízení:
  1. Charakter připojení
  2. Specifikace odběrného místa/zařízení
  3. Technické údaje odběrného místa/zařízení
  4. Kompenzace
  5. Místo připojení k distribuční soustavě – „Předávací místo“
  6. Hranice vlastnictví
  7. Spínací prvek sloužící k odpojení odběrného místa/zařízení od distribuční soustavy



8. Způsob a provedení měření elektřiny
  9. Povinnosti žadatele
  10. Termín připojení
- b) Podíl žadatele na nákladech spojených s připojením a zajištěním požadovaného příkonu a platební podmínky
  - c) Zvláštní ujednání / vztah na zákon č. 183/2006 Sb. Stavební zákon, apod./
  - d) Platnost a účinnost SoP
  - e) Společná a závěrečná ustanovení

V případě, že dojde ke smluvnímu snížení rezervované kapacity nebo hodnoty jističe před elektroměrem na hodnotu nižší, než odpovídá rezervovanému příkonu místa připojení zařízení konečného zákazníka po dobu delší než 24 měsíců, snižuje se hodnota rezervovaného příkonu na tuto hodnotu.

V případě zániku smlouvy o dodávce elektřiny (zákon č. 458/2000 Sb.) nebo zániku smlouvy o distribuci elektřiny (zákon č. 458/2000 Sb.) trvá rezervace příkonu pro místo připojení 12 měsíců ode dne zániku příslušné smlouvy.

## 7.4 Současné stanovisko provozovatelů distribučních sítí k připojování FVE a VTE

Dne 16. 2. 2010 společnost ČEPS a.s., která provozuje ze zákona přenosovou soustavu ČR a je zodpovědná za zajištění rovnováhy mezi výrobou a spotřebou elektrické energie v každém okamžiku rozhodla, že doporučí ostatním provozovatelům distribučních sítí zastavení udělování kladných stanovisek k žádostem o připojení nových výroben - fotovoltaických a větrných elektráren (FVE a VTE).

Doporučení společnosti ČEPS a.s. s okamžitou platností přijali všechny největší provozovatelé distribučních sítí (ČEZ Distribuce a.s., E.ON Distribuce a PREDistribuce a.s.). Při podání žádosti o připojení FVE a VTE do distribuční soustavy po datu 16. 2. 2010, nebude této žádosti vyhověno.

*Jako hlavní důvod společnost ČEPS, a.s. uvádí překročení bezpečného limitu výkonu připojených a již odsouhlasených výroben elektrické energie do elektrizační soustavy České republiky. Připojování dalších výroben elektrické energie a vydávání kladných stanovisek k žádostem o připojení, ohrozí bezpečný a spolehlivý provoz celé elektrizační soustavy.*

[9]

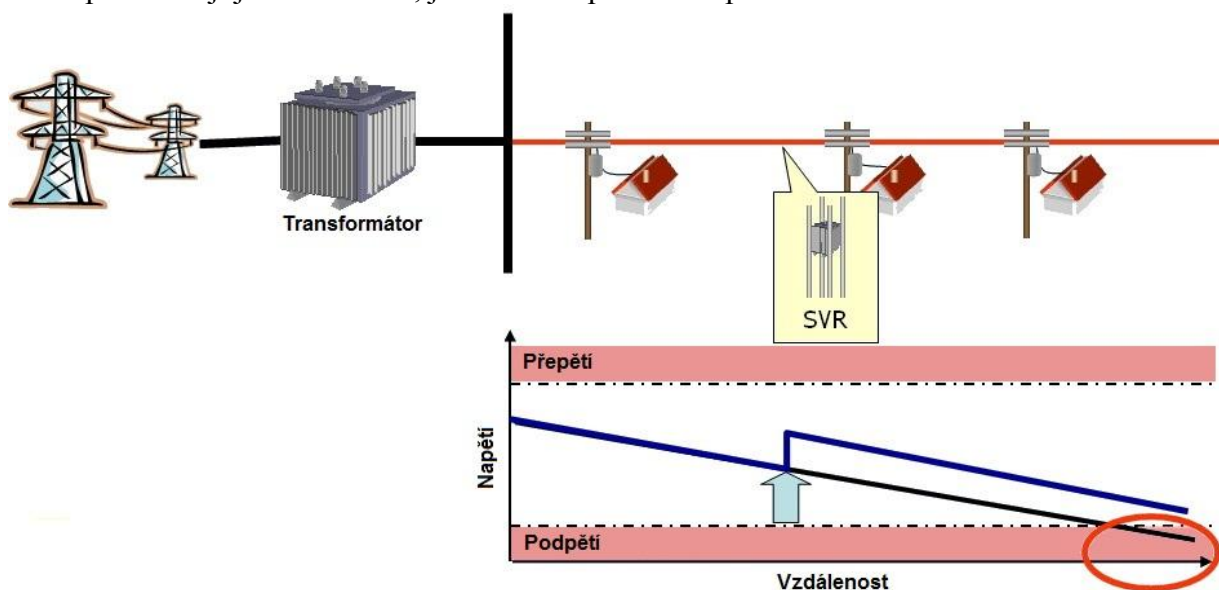


## 8 VLIV OZE NA DISTRIBUČNÍ ELEKTRICKOU SOUSTAVU

Vliv vodních elektráren, geotermálních elektráren a elektráren využívajících biomasu je vzhledem k principu výroby elektrické energie stejný jako při výrobě elektrické energie z jaderných a uhelných elektráren. Tyto tři obnovitelné zdroje mají dostatečně stálý a regulovatelný výkon. Problém ovšem přináší fotovoltaické elektrárny a větrné elektrárny. Tyto dva obnovitelné zdroje, které využívají ve většině případů střídač, jejich výkon není stálý a nelze dobře regulovat, jsou hlavními zdroji, které negativně ovlivňují distribuční soustavu. Proto se budeme zabývat vlivem na distribuční síť právě u FVE a VTE.

### 8.1 Přepětí / Podpětí

Napětí na distribučním rozvodu elektrické energie je snižováno vzhledem k připojeným odběrným místům elektrického proudu. Velikost síťového napětí u odběratele se však za normálních provozních podmínek může pohybovat pouze v určitém rozmezí od jmenovité hodnoty. U nízkého napětí (230/400V) a vysokého napětí (6kV, 10kV, 22kV a 35kV) trojfázové sítě je dovolená odchylka  $\pm 10\%$ . U velmi vysokého napětí (110kV) je dovolená odchylka  $\pm 10\%$  pro předávací místa mezi přenosovou soustavou (PS) a provozovatelem distribuční soustavy (PDS), pro velmi vysoké napětí (220kV) je dovolená odchylka  $\pm 10\%$ . Pro zvlášť vysokého napětí (400kV) je dovolená odchylka  $\pm 5\%$ . Za účelem kontroly napěťového rozsahu uplatňují energetické společnosti různé technologické protiopatření. Step Voltage Regulator (SVR) je jedním z protiopatření, které se používá ke kompenzaci úbytku napětí a udržuje napětí v určeném rozsahu na síťovém rozvodu elektrického vedení. SVR transformátory se však v ČR nepoužívají, ovšem představují jedno z řešení, jak zabránit poklesu napětí na distribuční síti.

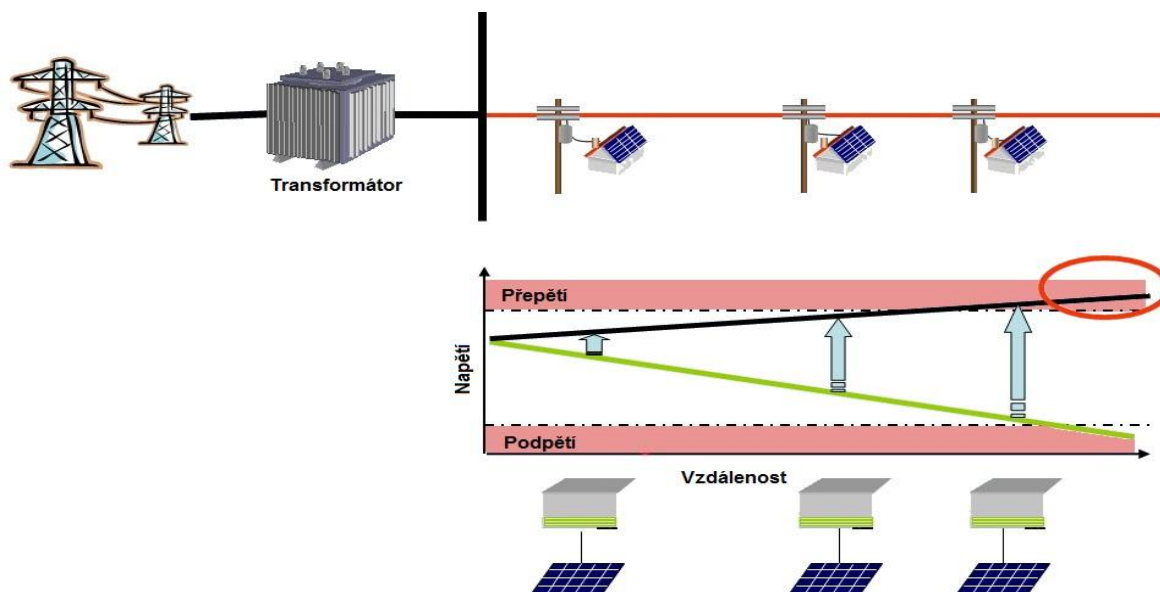


Obr. 8-1 Kompenzace úbytku napětí pomocí SVR

Pokud je na jenom rozvodu elektrické energie nainstalováno příliš mnoho FVE či VTE a vyrobená elektrická energie není spotřebovávána, vzniká problém se stoupajícím napětím a velikostí přenášeného proudu po celém rozvodu elektrické energie. Tento problém nevzniká při malé koncentraci FVE a VTE a jednom rozvodu, ovšem v případě připojení několika těchto zdrojů se může stát, že napětí překročí horní hranici dovolené odchylky.

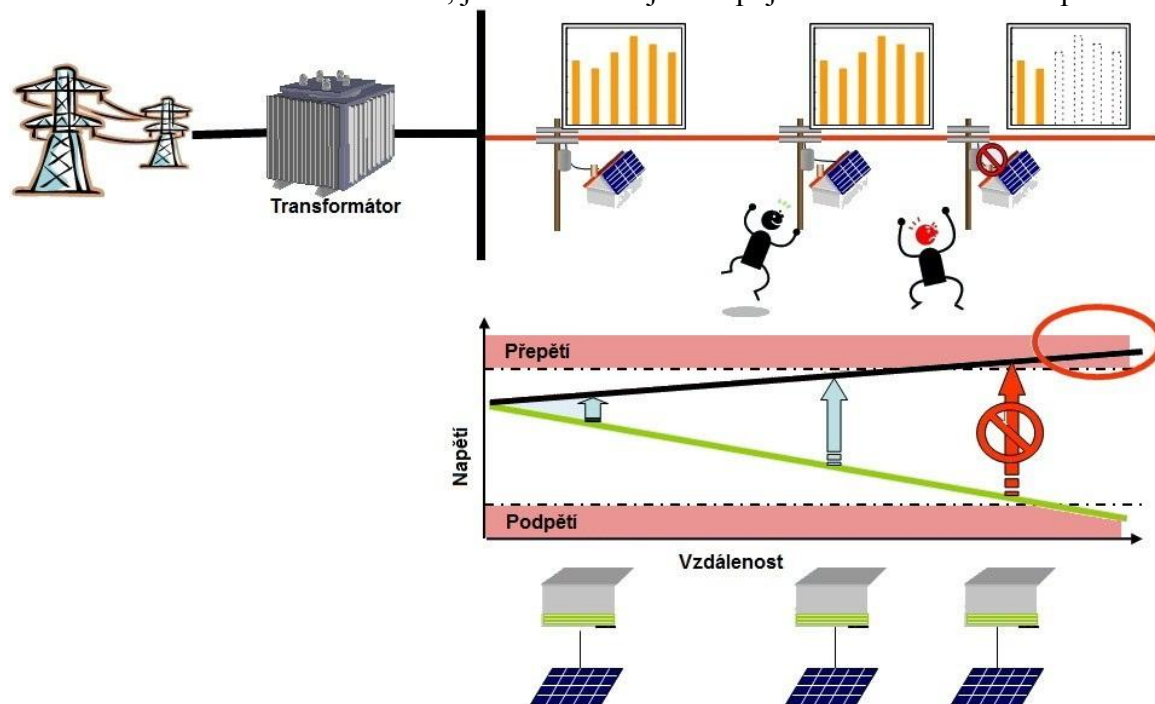
Problém napětí a podpětí je ovšem řešen na samotném zdroji, kde ho řeší napěťové ochrany a v případě přepětí se OZE sám odpojí od distribuční soustavy. Problém spíše nastává v tzv. rychlých změnách, tedy připojování a odpojování OZE do distribuční soustavy, což způsobuje

změny napětí. Tento problém se však řeší již v přípojovacích podmínkách, kde je definováno, že připojený OZE se nesmí způsobit změnu napětí větší než 2 % na vn a 3 % na nn.



Obr. 8-2 Přepětí způsobené příliš mnoha FVE na rozvodu

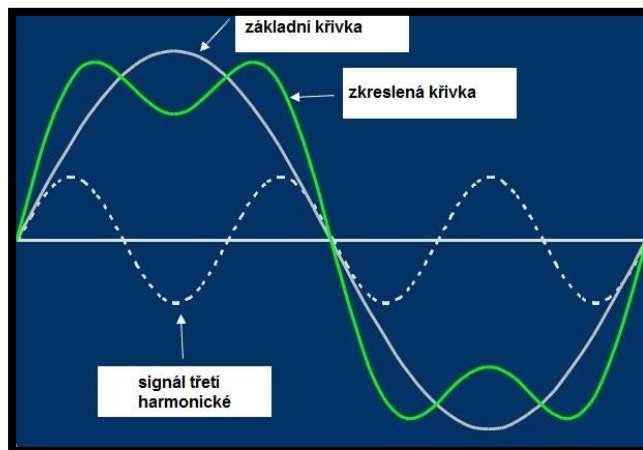
Napětíový růst a růst přenosu elektrického proudu lze omezit pomocí úmyslného snižování výkonu z FVE či VTE, při přiblížení k horní napětíové hranici. Pomocí tohoto principu lze úplně zabránit přepětíovému stavu, avšak nevýhodou je, že se tím snižuje účinnost FVE a VTE. Vzniká právní problém, který se bude těžko řešit vzhledem k zákonnému povinnému výkupu vyrobené elektřiny z OZE. Může to taktéž vést k nespravedlnosti vzhledem k výrobci, který se nachází na konci rozvodu elektrické sítě, jelikož inklinuje k odpojení či omezení s větší prioritou.



Obr. 8-3 Snižování výkonu z FVE

## 8.2 Vyšší harmonické

Pojmem vyšší harmonické je definován, jako součást integrálního násobku základní křivky. Vliv např. třetí harmonické, která má třikrát větší frekvenci, oproti základní sinusové křivce je ten, že při složení těchto dvou průběhů vzniká zkreslený výsledný signál, který je nežádoucí (Obr. 8-4).



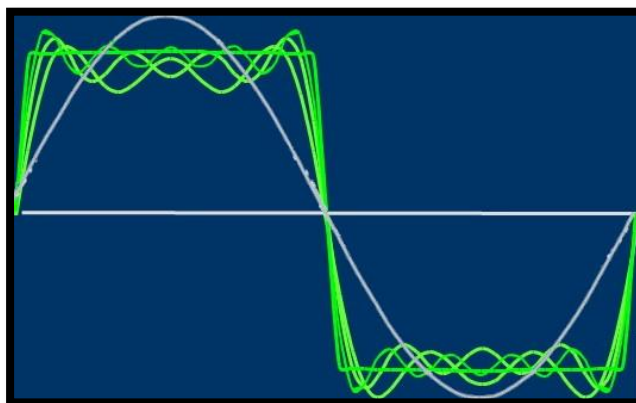
Obr. 8-4 Zkreslení signálu vlivem třetí harmonické

Pokud harmonické s lichými násobky průběžně doplňují základní sinusový průběh podle rovnice 8.1, tak se výsledný průběh svou deformací blíží obdélníkovému průběhu, což lze nazvat jako závažné a neakceptovatelné sloučení vyšších harmonických se základní sinusovou křivkou Obr. 8-5.

$$\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \frac{1}{7} \sin 7\omega t + \dots + \frac{1}{n} \sin n\omega t$$

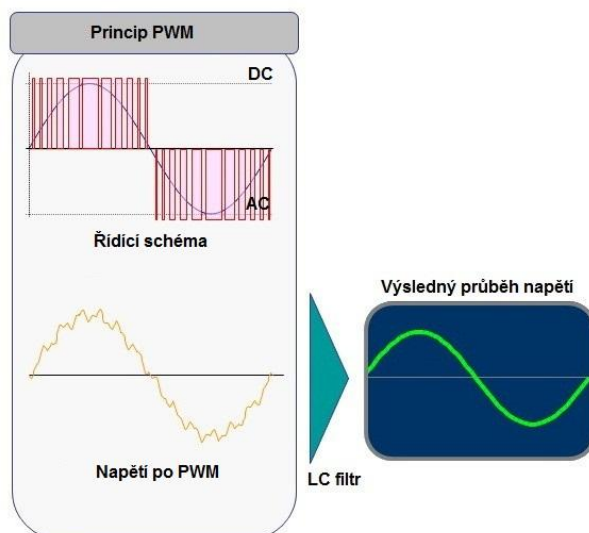
$$\text{kde: } n = 2m + 1, m = 1, 2, 3, \dots$$

(8.1)



Obr. 8-5 Závažné sloučení vyšších harmonických se základní sinusovou křivkou

Aby byl výkon z FVE a VTE střídavého charakteru, je vždy u FVE vyveden přes střídač, u VTE je tomu tak ve většině případů vzhledem k vloženému stejnosměrnému meziobvodu napětí. U starších nekvalitních měničů stejnosměrného proudu na střídavý proud (DC/AC) docházelo ke generaci vyšších harmonických, což negativně ovlivňovalo přenosovou síť. Současné měniče DC/AC jsou navrženy tak, aby se minimalizoval vznik vyšších harmonických. Je využíváno systému, který funguje na principu pulzní šířkové modulace (PWM). V PWM je napětí řízeno změnou intervalů a šířky spínaných impulsů tak, aby průměrná hodnota napětí dosahovala sinusového průběhu základní křivky. Tím zabráníme vzniku obdélníkového průběhu na výstupu měniče. Abychom odrušili zbylé harmonické, které vzniknou při pulzní šířkové modulaci, využívá se LC filtr Obr. 8-6.



Obr. 8-6 Princip pulzní šířkové modulace

### 8.3 Kolísání napětí - flickr

Flickr, neboli kolísání napětí se projevuje u VTE. *Samotný flickr je definován jako lidským okem postřehnutelné kolísání světelného toku světelných zdrojů v důsledku periodických poklesů napětí v oblasti subharmonických kmitočtů.* [18]

U VTE jsou tyto změny obecně způsobeny změnami při generování výkonu. Z analýzy teoretických možností vzniku flickru, lze určit dvě základní příčiny jeho původu:

- a) vliv poryvů větru na listy VTE
- b) vliv tubusu VTE

Vliv poryvů větru neboli změn rychlosti větru od její střední hodnoty se u krátkodobých poryvů eliminuje vlastní setrvačností rotačního ústrojí VTE. U silných poryvů větru se vliv flickru eliminuje více či méně pomocí výkonového řízení generátoru.

Vliv tubusu (stožáru) VTE na vznik flickru lze potlačit mnohem hůře oproti vlivu poryvů větru. Stožár představuje trvalou překážku proudícímu větru a zpomaluje ho. Jako parametr určující flickr se používá veličina nazývaná emisivita flickru nebo také míra vjemu flickru. Rozlišujeme krátkodobou emisi flickru  $P_{st}$ , vztaženou k časovému intervalu deseti minut a dlouhodobou emisivitu flickru  $P_{lt}$ , vztaženou k časovému intervalu dvou hodin.

Obecně lze říci, že čím více listů gondola VTE obsahuje, tím je emise flickru menší. Systémy s vloženým stejnosměrným meziobvodem ve většině případů vykazují menší emisivitu flickru oproti systémům s asynchronním generátorem bez vloženého stejnosměrného meziobvodu.

*Pravidla provozování distribuční soustavy definují maximální povolené hodnoty dlouhodobé emise flickru  $P_{lt}$  a to tak, že nesmí překročit hodnotu 0,46.*

$$P_{lt} \leq 0,46 \quad (8.2)$$

[18]

## 8.4 Útlum signálu HDO

Signál hromadného dálkového ovládání (HDO) je řídicí signál přenášený v distribučních sítích a slouží k zapínání či odpojování elektrických spotřebičů a dalších elektrických zařízení včetně přepínání tarifů. Signál impulsního charakteru je vysílán s kmitočtem v řádu kilohertz a je superponován na základní kmitočet energetické sítě činící v České republice 50 Hz. Vysílací úroveň signálu je obvykle mezi 1% až 4%  $U_N$ . VTE však ovlivňují HDO přidavným zatížením vysílačů HDO a to vlastním zařízením větrné elektrárny případně zvýšeným zatížením části sítě, do které pracuje zdroj.

Tento vliv může způsobit nepřípustné změny hladiny signálu HDO ve společném napájecím bodu. Aby byla zajištěna správná funkce zařízení využívající signál HDO, je třeba zajistit, aby úroveň signálu v žádném bodě sítě nepoklesla o více než 10 až 20 % pod požadovanou hladinu v závislosti na podmínkách, jako jsou frekvence HDO, druh sítě, druhy přijímačů, atd.

Pokud jsou překročeny povolené limity útlumu signálu HDO, je třeba provést opatření vedoucí k odstranění toho nepříznivého ovlivnění a to použitím podpůrné impedance, která upravuje impedanční poměry ve vybraných částech elektrické sítě s ohledem na jejich zrovnoměnění a tím zapříčiňuje zkvalitnění šíření signálu HDO po elektrické síti.

## 9 ENERGETICKÁ KONCEPCE ROZVOJE OZE V ČR PRO VÝCHODOČESKÝ REGION

Vytvořená energetická koncepce rozvoje OZE pro Východočeský region byla vytvořena za použití dat, které poskytla společnost ČEZ – Distribuce, a. s. - oblast Východ se sídlem v Hradci Králové, která zajišťuje připojení do napěťových hladin 0,4 kV až 110 kV. Z koncepce jsou tedy vynechány výroby, které mají podanou žádost o připojení do napěťových hladin 220 kV a 400 kV, jejichž připojení zprostředkovává společnost ČEPS, a. s. Všechny žádosti o připojení do napěťových hladin 0,4 kV až 110 kV společnosti ČEZ – Distribuce, a. s. - oblast Východ, jsou evidovány v systému SAP, z kterého jsme čerpali základní informace a podklady.

Každá žádost v systému SAP má k sobě přiřazen status. Tento status udává v jaké fázi je v současnosti žádost, lze tedy říci za zjednodušujících se podmínek, že udává, v jakém cyklu života se projekt nachází. Z těchto dat lze tedy určit odhadovanou koncepci rozvoje OZE pro Východočeský region.

V první fázi je žádost zaevidována. Zaevidování žádosti značí, že žádost byla společností přijata a předána k dalšímu posouzení. Tato fáze je úplně počáteční a značí pouze skutečnost, jaký je zájem o rezervování výkonu.

Ve druhé fázi je žádost posouzena (proveden výpočet připojitelnosti) a na jeho základě je žádost buď kladně vyřízena, či zamítnuta. Tento status značí, že žádost o projekt je akceptována a jsou pro ni rezervovány volné přenosové kapacity v distribuční síti.

Ve třetí fázi se čeká na zákazníka, až zaplatí připojovací poplatek. V této fázi je projekt řešen vzhledem ke všem stavebním okolnostem, územnímu rozhodnutí, vlivu na životní prostředí atd. Třetí fáze nejvíce odfiltruje projekty, které budou a nebudou realizované.

Ve čtvrté fázi je žádost zařazena do investic připojovatele. Čtvrtá fáze nastává po zaplacení připojovacího poplatku podle vyhlášky č. 51/2006 Sb., stanovující podmínky pro připojení zařízení k elektrizační soustavě. Pokud se projekt nachází v této fázi, lze říci pomocí posouzení dat z předchozích let, že bude na 90% zrealizován a uveden do provozu. Pokud se tedy projekt nachází v této poslední fázi, lze odhadnout možný rozvoj OZE pro Východočeský region.

Tabulka (Tab. 9-1) zahrnuje výkony OZE v jednotlivých fázích vyřizování žádosti. Z této tabulky budeme následně vycházet a určíme odhadovaný zrealizovaný výkon vyroben pro rok 2010.

Tab. 9-1 Výkony OZE se statusy žádostí ze systému SAP

Typ výroby:	Zaevidováno [kW]	Vyřízeno [kW]	Čekání na zákazníka [kW]	Zařazeno do investic [kW]	Celkový součet [kW]
Větrná elektrárna	9 250,0	6 274,0	142 500,0	34 450,0	192 474,0
Vodní elektrárna	6 443,5	4 227,0	10 707	1 517,0	22 894,5
Fotovoltaická elektrárna	47 407,0	29 372,0	215 282,7	109 923,0	401 984,7
Elektrárna využívající biomasu	0,0	0,0	3 800,0	0,0	3 800,0
Bioplynová elektrárna	6 385,0	7 768,0	23 435,0	19 673,0	57 261,0
Dřevoplynová elektrárna	19,0	5,0	996,0	0,0	1 020,0
Kogenerační jednotky (skládkový a zemědělský plyn)	2 853,0	1 515,0	2 455,0	2 643,0	9 466,0
<b>Celkový součet:</b>	<b>72 357,5</b>	<b>49 161,0</b>	<b>399 175,7</b>	<b>168 206,0</b>	<b>688 900,2</b>

Vycházíme-li tedy z poslední čtvrté fáze, kdy je žádost s projektem zařazena do investic připojovatele lze z pomoci porovnání z předchozích roků říci, že se za rok 2010 zrealizuje 85% rezervovaného výkonu, zbývajících 15% se rozdělí na 10% rezervovaného výkonu, který se vzhledem k finančním problémům investora, neudělení stavebního povolení, či jiným skutečnostem nezrealizuje a 5% rezervovaného výkonu u kterého se nestačí v roce 2010 dokončit a připojit výroba, čímž se přesouvá do roku 2011. Dále bylo zjištěno při porovnání dat z předchozích roků, že 20% rezervovaných výkonů se realizuje již ze žádostí ve fázi vyřízeno. Některé OZE se totiž připojí na stávajícím odběrném místě, což znamená, že žádost neprochází fází tři a čtyři. Jiných hodnot při porovnání s daty z předchozích let dosahujeme u VTE. Zde vzhledem k delší době povolení výstavby a ochotě investorů zaplatit dříve připojovací poplatek dosahujeme pouze 25% realizovaného rezervovaného výkonu v roce 2010 a vzhledem k charakteru místa výstavby VTE není v evidenci výroba, která by se připojovala do stávajícího odběrného místa a tím tedy vynechala fázi tři a čtyři.

Další srovnání lze provést porovnáním dat z přecházejícího roku 2009 v tabulce (Tab. 9-2), která zobrazuje celkový rezervovaný výkon pro jednotlivé OZE v roce 2009 a 2010. Z tabulky (Tab. 9-2) je především zřetelné, jak se změnil poměr žádostí o rezervování výkonu u VTE a FTE. Celkový součet žádostí o připojení výkonu se z VTE více jak dvakrát snížil, natož celkový součet o připojení výkonu z FVE se více jak třikrát zvýšil. Taktéž je zřetelný celkový téměř čtvrtinový nárůst rezervovaného výkonu.

Tab. 9-2 Rezervovaný výkon v roce 2009 a 2010

Typ výroby:	Součet rezervovaného výkonu k 20. 3. 2009 [kW]	Součet rezervovaného výkonu k 3. 4. 2010 [kW]
Větrná elektrárna	399 850,0	192 474,0
Vodní elektrárna	5 131,0	22 894,5
Fotovoltaická elektrárna	125 261,3	401 984,7
Elektrárna využívající biomasy	18 500,0	3 800,0
Bioplynová elektrárna	17 837,0	57 261,0
Dřevoplynová elektrárna	70,0	1 020,0
Kogenerační jednotky (skládkový a zemědělský plyn)	7 128,5	9 466,0
<b>Celkový součet:</b>	<b>573 777,8</b>	<b>688 900,2</b>

V tabulce (Tab. 9-3) je zahrnut odhadovaný realizovaný výkon OZE připojený do sítě v roce 2010. Pro srovnání jsou uvedeny zrealizované a připojené výkony OZE za rok 2009 a jejich počet.

Tab. 9-3 Nově připojené výkony OZE v roce 2009 a odhad připojených výkonů OZE v roce 2010

Typ výroby:	Zrealizované OZE k 31. 12. 2009 [ks]	Připojené výkony OZE k 31. 12. 2009 [kW]	Odhadované připojené výkony OZE pro rok 2010 [kW]
Větrná elektrárna	3	7 750,0	8 612,5
Vodní elektrárna	4	775,0	2 135,0
Fotovoltaická elektrárna	419	27 000,0	99 309,0
Elektrárna využívající biomasy	0	0,0	0,0
Bioplynová elektrárna	0	0,0	18 275,7
Dřevoplynová elektrárna	0	0,0	0,0
Kogenerační jednotky (skládkový a zemědělský plyn)	9	5 540,0	2 549,6
<b>Celkový součet:</b>	<b>435</b>	<b>41 065,0</b>	<b>130 881,1</b>



Odhadovaný připojený výkon z OZE v roce 2010 pro Východočeský region do napěťových hladin 0,4 kV až 110 kV byl stanoven na hodnotu 131 MW. Při posouzení dat z tabulky (Tab. 9-3) je třeba zaměřit pozornost na velký nárůst připojeného výkonu z FVE oproti roku 2009, což je hlavním aspektem celkového zvýšení odhadovaného připojeného výkonu. Dále se již také projeví připojení bioplynových elektráren, které nebyly v předchozím roce realizovány. Ostatní OZE se podílí na celkovém odhadovaném připojeném výkonu v roce 2010 na podobných hodnotách, jako v roce 2009.

Vzhledem ke skutečnosti, že od data 16. 2. 2010 jsou žádosti o připojení a rezervování výkonu pro VTE a FVE v zamítavém stanovisku na doporučení společnosti ČEPS a.s., lze předpokládat, že do konce roku 2010 se již nebudou data v systému SAP příliš měnit. Pokud dále zahrneme skutečnost, že je projednávána novela zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, která pravděpodobně projde bez problémů státním schvalovacím procesem do konce roku 2010 a nabude platnosti od 1.1.2011, lze předpokládat snahu investorů připojit a uvést do provozu především FVE do konce roku 2010, jelikož v roce 2011 dojde k výraznému snížení výkupních cen pro elektřinu vyrobenou z FVE.

## 10 ZÁVĚR

### 10.1 Závěry práce a její přínos

Práce přináší důkladnou definici OZE. Následně popisuje různorodý princip výroby elektrické energie z OZE a zabývá se optimálním provozem těchto zdrojů, tedy podmínkami, při kterých lze OZE nejlépe využívat. Na toto téma navazuje problém s lokalizací OZE, kde jsou zahrnuty aspekty, které zabraňují provozu OZE na území ČR. Dalším důležitý faktor pro rozvoje OZE v ČR je státní podpora rozvoje OZE, kterou jsme shrnuli v kapitole 6. V této kapitole jsou uvedeny výhody a nevýhody dvou podpor poskytovaných ČR. Také jsou zde uvedeny grafy, které dávají náhled na vývoj podpor různých druhů OZE. V následující kapitola se zabývá podmínkami připojení do distribuční elektrické soustavy. Jsou zde uvedeny administrativní postupy a technické požadavky na nový OZE. S tímto tématem úzce souvisí vliv OZE na distribuční elektrickou soustavu. Vzhledem k technologii výroby elektrické energie ovlivňují distribuční elektrickou soustavu nejvíce FVE a VTE. V poslední kapitole se zabýváme koncepcí rozvoje OZE pro Východočeský region. Odhadované množství nově připojených OZE v roce 2010 vychází především z dat ze systému SAP a porovnání těchto dat s předchozími roky. Díky těmto ukazatelům jsme docílili odhadovaného připojeného výkonu z OZE v roce 2010, který v celkové sumě činí 130 881,1 kW.

### 10.2 Význam a využití dosažených výsledků

Práci lze využít jako seznamovací materiál pro širší veřejnost, která se zajímá o využití OZE a budoucí rozvoj tohoto odvětví v ČR. Taktéž lze využít pro jednoduchou představu vypočtený odhadovaný nově připojený výkon z OZE ve Východočeském regionu pro představu, jak se v tomto regionu bude tento rok rozvíjet výstavba OZE.

### 10.3 Návrh dalšího postupu

V dalším postupu by bylo dobré se zaměřit na disproporce mezi dodávkou elektrické energie do soustavy a poptávkou po elektrické energii. Bylo by taktéž přínosné porovnat OZE s jinými energetickými zdroji, především porovnání OZE a výroby elektrické energie pomocí jaderného štěpení. Další možný rozvoj práce představuje definování menších obnovitelných zdrojů a jejich využití.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Alternativní zdroje energie* [online]. [2009] [cit. 2009-10-05]. Dostupný z WWW: <http://www.alternativni-zdroje.cz/>
- [2] BURKET, Daneš. *EKOLOGIE: Jaderná energie je obnovitelným zdrojem. Neviditelný pes* [online]. 2005 [cit. 2009-12-06]. Dostupný z WWW: [http://neviditelnypes.lidovky.cz/ekologie-jaderna-energie-je-obnovitelnym-zdrojem-f71-/p\\_veda.asp?c=A051029\\_223354\\_p\\_veda\\_wag](http://neviditelnypes.lidovky.cz/ekologie-jaderna-energie-je-obnovitelnym-zdrojem-f71-/p_veda.asp?c=A051029_223354_p_veda_wag)
- [3] Czech RE Agency. *Česká agentura pro obnovitelné zdroje* [online]. 2003-2009 [cit. 2009-11-06]. Dostupný z WWW: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze>
- [4] ECKEROVÁ, Ludmila. *Sluneční články*. Praha 4 : ČEZ, a.s., 2005. 6 s.
- [5] ERÚ. *Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 4/2009*. [s.l.] : [s.n.], 2009. 9 s. Dostupný z WWW: [www.eru.cz](http://www.eru.cz)
- [6] ERÚ. *Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 5/2009*. [s.l.] : [s.n.], 2009. 1 s. Dostupný z WWW: [www.eru.cz](http://www.eru.cz)
- [7] HEJTMÁNKOVÁ, Pavla. *Problematika výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů*. [s.l.] : [s.n.], 2006. Vliv připojení OZE na kvalitu elektrické energie dodávané z ES, s. 33.
- [8] HLAWA creative s.r.o.. *VODNÍ DÍLA-TBD a. s. pro bezpečný provoz vodních děl* [online]. 2007, 09. 09. 2009 [cit. 2009-11-22]. Dostupný z WWW: [http://www.vdtbd.cz/img/katvdcr1\\_2.jpg](http://www.vdtbd.cz/img/katvdcr1_2.jpg)
- [9] HOLINGEROVÁ, Soňa. *ČEZ Distribuce* [online]. 16.2.2010 [cit. 2010-03-25]. ČEZ Distribuce reaguje na výzvu ČEPS. Dostupné z WWW: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/informace-o-spolecnosti/tiskove-zpravy/138.html>
- [10] HOLUB, Josef. *OBECNÉ PODMÍNKY PŘIPOJENÍ K DISTRIBUČNÍ SOUSTAVĚ („OPPDS“)*. Děčín : ČEZ Distribuce, a.s., 2009. 4 s.
- [11] HOŠEK, Jiří, HANSLIAN, David, ŠTEKL, Josef. *Odhad realizovatelného potenciálu větrné energie na území ČR*. Praha : [s.n.], 2008. 42 s. Dostupný z WWW: <http://www.ufa.cas.cz/vetrna-energie/projekty/>
- [12] *Hrozí Česku zamoření větrnými elektrárnami?*. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 14.05.2009, [cit. 06.12.2009]. Dostupný z WWW: <http://www.csve.cz/cz/clanky/hrozi-cesku-zamoreni-vetrnymi-elektrarnami-/79>
- [13] JANÍČEK, František, et al. *Obnovitel'né zdroje energie I : Technolog'ie pre udržateľ'nú budúcnosť*. Bratislava : Renesans, s.r.o., 2007. 176 s. ISBN 978-80-969777-0-3.
- [14] KLECZEIK, Josip. *Sluneční energie : Úvod do helioenergetiky*. Praha : Polytechnická knižnice, 1981. 181 s.
- [15] KREJCAR, Rostislav. *Podpora výroby elektřiny*. Praha : Aqua- therm, 2007. 34 s
- [16] LUKÁŠ, Jaroslav. *Roční zpráva o provozu ES ČR 2007*. Praha : Energetický regulační úřad, 2008. 192 s.
- [17] MATOUŠEK, Antonín. *Výroba elektrické energie*. Brno : [s.n.], [200-]. 174 s.
- [18] MIŠÁK, Stanislav, et al. *Větrné elektrárny s asynchronními generátory VN*. *Elektrorevue* [online]. 11.12.2008, 47, [cit. 2010-03-25]. Dostupný z WWW: [http://www.vetrneelektrarny.bestweb.cz/info/asyn\\_generatory.pdf](http://www.vetrneelektrarny.bestweb.cz/info/asyn_generatory.pdf) ISSN 1213-1539.

- [19] MOTLÍK, Jan, et al. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR*. Praha : CRUX, s.r.o., 2007. 180 s. Dostupný z WWW: <http://www.cez.cz/cs/veda-a-vzdelavani/pro-studenty/materialy-ke-studiu/tiskoviny/19.html>. ISBN 987-80-239-8823-9
- [20] Nezávislá energetická komise (NEK). *Zpráva nezávislé odborné komise pro posouzení energetických potřeb České republiky v dlouhodobém časovém horizontu*. [s.l.] : [s.n.], 2008. 276 s.
- [21] NĚMEČEK, Martin. *Technické a administrativní podmínky připojení FVE do distribuční soustavy*. Praha Letňany : ČEZ Distribuce, a. s., 26.9.2008. 14 s.
- [22] *Obnovitelné zdroje energie a skupina ČEZ*. Praha 4 : ČEZ, a.s. , [200-]. 43 s.
- [23] OKD, a. s.. *OKD, HBZS, a. s.* [online]. 2007 [cit. 2009-11-18]. Dostupný z WWW: <http://www.okd.cz/cz/tezime-uhli/uhli-tradicni-zdroj-energie/typy-uhli/>
- [24] OTČENÁŠEK, Petr. *Elektrická energie pro Českou republiku*. [s.l.] : ČEZ, a.s., [2009]. 83 s. Dostupný z WWW: <http://www.cez.cz/cs/veda-a-vzdelavani/pro-studenty/materialy-ke-studiu/tiskoviny/6.html>
- [25] *Plán hlavních povodí České republiky*. Praha 1 : Ministerstvo zemědělství, 2007. 86 s. Dostupný z WWW: <http://www.mze.cz> . ISBN 978-80-7084-632-2.
- [26] POP , Lukáš . *Ústav fyziky atmosféry AV ČR* [online]. 2009 [cit. 2009-11-18]. Dostupný z WWW: <http://www.ufa.cas.cz/vetrna-energie/vetrna-mapa/>
- [27] ROMM, Joseph. *Climate progress* [online]. 2009 [cit. 2009-10-25]. Dostupný z WWW: <http://climateprogress.org/2008/05/23/hot-rocks-are-a-rockin-hot-climate-solution>
- [28] *Sbírka zákonů České a Slovenské federativní republiky*. Praha : Federativní ministerstvo vnitra, 1991. 16 s. Dostupný z WWW: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1992/sb004-92.pdf>
- [29] *Sbírka zákonů České republiky : 180. Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)*. Praha : Tiskárna Ministerstva vnitra, 2005. 8 s. Dostupný z WWW: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=2005&typeLaw=zakon&what=Rok&stranka=13>
- [30] *Sluneční kolektory*. Praha 4 : ČEZ a.s., 2005. 6 s.
- [31] Tomoki Ehara, Mizuho Information & Research Institute. *Visualization Tool : for Photovoltaics Operating on Electric Grids*. Japonsko : [s.n.], 200?. 53 s.
- [32] Ústav územního rozvoje. *Stavby a zařízení pro výrobu energie : metodický pokyn k jejich umisťování*. Brno : Ministerstvo pro místní rozvoj, 2008. 39 s.
- [33] *Větrná energie současnosti*. [s.l.] : ČSVE, 2009. 17 s.
- [34] Vyhláška o podmínkách připojení k elektrizační soustavě. *Sbírka zákonů č. 51/2006*. 2006, 23, s. 718-729.